



**UNIVERSIDAD DE ALMERÍA**

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA**

**INGENIERÍA TÉCNICA AGRICOLA  
ESPECIALIDAD INDUSTRIAS AGRARIAS Y ALIMENTARIAS**

**EVALUACIÓN DE FISIOPATÍAS EN FRUTOS  
MEDIANTE EL USO DEL SISTEMA DE ANÁLISIS  
DE IMÁGENES WinDIAS**

Alumno: Rosa M<sup>a</sup> Simón Torres

Almería, Julio de 2011

Director: D. Juan Luis Valenzuela Manjón-Cabeza



D./D<sup>a</sup>: JUAN LUIS VALENZUELA MANJÓN-CABEZA  
DIRECTOR/A DEL P.E.C. TITULADO EVALUACIÓN DE FISIOPATÍAS  
EN FRUTOS MEDIANTE EL USO DEL SISTEMA DE  
ANÁLISIS DE IMÁGENES WinDías

MODALIDAD MONOGRÁFICO

REALIZADO POR EL/LA ALUMNO/A D./D<sup>a</sup>: ROSA MARÍA  
SIMÓN TORRES

D.N.I. 76659298E

TITULACIÓN INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA

ESPECIALIDAD: INDUSTRIAS AGRARIAS Y ALIMENTARIAS

**INFORMA FAVORABLEMENTE**

PARA QUE EL CITADO P.E.C. SEA DEFENDIDO EN LAS SUCESIVAS CONVOCATORIAS

Almería, 26 de JULIO de 2011

El Director



**ARACELI MARTOS MARTÍNEZ, ADMINISTRADORA DE LA  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LA UNIVERSIDAD  
DE ALMERÍA.**

**ACREDITA QUE:**

El alumno/a D/D<sup>a</sup> ROSA MARIA SIMON TORRES con D.N.I. n<sup>o</sup> 76659298, según resulta de los antecedentes y documentos que obran en la Secretaría de este Centro se encuentra matriculado del Proyecto Fin de Carrera denominado: Evaluación de fisiopatías en frutos mediante el uso del sistema de análisis de imágenes "WinDIAS".

Y para que así conste a petición del interesado, firmo la presente en Almería veinticinco de julio de dos mil once.

LA ADMINISTRADORA DEL CENTRO



Araceli Martos Martínez

Quisiera darles las gracias a mi familia y amigos por apoyarme durante la elaboración de este proyecto, en especial a mis padres.

También quisiera agradecer al profesor Juan Luis Valenzuela Manjón-Cabeza por proponerme la realización de este proyecto y por su ayuda y enseñanza en la realización del mismo.

## Contenido

<b>1. INTERÉS Y OBJETIVOS .....</b>	<b>6</b>
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>9</b>
2.1 <i>Características del cultivo de la berenjena y el tomate.....</i>	10
2.2 <i>Datos estadísticos. ....</i>	19
2.3 <i>Criterios de calidad en berenjena y tomate. ....</i>	28
2.4 <i>Fisiopatías en berenjena y tomate. ....</i>	37
2.5 <i>Medida de fisiopatías. Empleo del análisis de imágenes en estudios de calidad de fruto.....</i>	41
<b>3. MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>47</b>
3.1 <i>Experiencia I: .....</i>	48
3.2 <i>Experiencia II: .....</i>	50
3.3 <i>Experiencia III:.....</i>	52
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>53</b>
4.1 <i>Homogeneidad de las poblaciones de frutos. ....</i>	54
4.2 <i>Calidad y evolución de parámetros de calidad en los frutos de dos cultivares de berenjenas.....</i>	56
4.3 <i>Bufado en tomates Raf. ....</i>	61
<b>5. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>65</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>67</b>
<b>ANEJO 1.....</b>	<b>72</b>

# 1. INTERÉS Y OBJETIVOS

Para evaluar y cuantificar los daños y fisiopatías en los frutos se utilizan, mayoritariamente, métodos cualitativos. Estos métodos son estimaciones de la superficie afectada por la fisiopatía, por lo que no podemos tener un dato exacto del daño, solo una aproximación. La utilización de estos métodos se debe a que la geometría de muchos frutos es difícil de determinar porque no conocemos una fórmula matemática para ello. Estos métodos se basan en comparar frutos sanos con frutos con daños y, mediante una escala de valores, ir dando puntuaciones para determinar los daños y, por lo tanto, la calidad de los frutos. Esta escala de valores irá del 1 al 5. También estos métodos usan fórmulas del tipo:

$$CI\ Index = \frac{\sum(n_i \times i)}{N}$$

donde  $n_i$  es el número de frutos con la valoración  $i$  (Del 1 al 5) y  $N$  es el número total de frutos. La escala numérica significa:

- 1: Sin daño.
- 2: Daños pequeños.
- 3: Daños regulares.
- 4: Daños moderados.
- 5: Daños graves.

También podemos calcular el índice de daño ID con las siguiente fórmula

$DF = (0 \cdot P_A + 1 \cdot P_{ML} + 2 \cdot P_L + 3 \cdot P_M + 4 \cdot P_G) / 4$  donde  $P_A$ ,  $P_{ML}$ ,  $P_L$ ,  $P_M$  y  $P_G$  son los porcentajes de frutos que muestran ausencia o los diferentes grados de severidad de DF. La escala utilizada en este caso será:

- 0: Sin daño.
- 1: Daños muy leves.
- 2: Daños leves.
- 3: Daños moderados.
- 4: Daños graves.

Si recurrimos a la bibliografía, no encontramos ningún método cuantitativo. La utilización de este tipo de métodos tiene la ventaja de que se basan en datos reales y medibles, y no depende de la valoración subjetiva de la persona que realiza la estimación del daño.

Se creyó de interés por consiguiente comprobar si el analizador de imágenes WinDIAS que está diseñado para medir áreas foliares y diferenciar entre zonas sanas y enfermas de las hojas, es capaz de ser utilizado para cuantificar los daños o fisiopatías en los frutos (en este caso de berenjena y tomate), y así obtener un método exacto de determinación de daños para conocer la calidad de dichos frutos.

Por tanto el objetivo de este proyecto es aplicar el analizador de imágenes WinDias a frutos afectados por dos tipos de fisiopatías: daños por frío en berenjena y bufado en tomate Raf para determinar de manera cuantitativa el daño y comprobar que es un método fácil y útil.

Por otro lado este proyecto responde también al objetivo marcado en el reglamento para la elaboración de proyectos fin de carrera y por tanto debe presentar un

contenido de aplicación práctica en el campo profesional de un Ingeniero Técnico Agrícola.



# **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## **2.1 Características del cultivo de la berenjena y el tomate.**

La familia de las Solanáceas es muy numerosa, algunas de ellas con contenidos alcaloides tóxicos, como la belladona o el beleño; sin embargo, los frutos que son comestibles: tomate, berenjena, pimiento, patatas, constituyen hoy en día alimentos indispensables y muy nutritivos para la población.

La berenjena pertenece a la familia de las solanáceas, siendo su nombre científico es *Solanum melongena* L (Mannino, 1987). Procedente de la India, los árabes la trajeron a Europa en el siglo XIV o XV; extendiéndose por todo el Mediterráneo durante el siglo XVI. Es una hortaliza muy apreciada en China, Indonesia, Turquía, Japón, Italia y Filipinas. En la India crecía espontáneamente y según la mitología india, la berenjena habría sido un regalo de los dioses al pueblo y su consumo proporcionaba la calma y el sosiego. Al comienzo de su cultivo, en su etapa silvestre, tuvo muy poca aceptación ya que se la creía dotada de propiedades que acarreaban la demencia y era tóxica para el organismo. Se introdujo en el siglo XVII en la alimentación, ya que anteriormente su uso consistía en combatir inflamaciones cutáneas y quemaduras.

Es un cultivo que cada vez va aumentando más su superficie pese a requerir un manejo muy delicado (Varios autores, 1991). Dentro de las solanáceas es la más exigente en calor. Es una planta anual, aunque bien cuidada puede rebrotar y mantenerse viva uno o más años; la producción de frutos a partir del segundo año es menor y la calidad es éstos es inferior.

Las semillas son pequeñas y de color amarillo, cada gramo de semilla contiene de 175 a 250 semillas. Sus flores de gran tamaño no son muy atractivas para los insectos polinizadores y su fecundación es exclusivamente anemófila. La berenjena tiene un sistema radicular bastante potente que le permite explorar un gran volumen de suelo, para extraer principios nutritivos. Esto ocurre cuando la planta está en pleno desarrollo, pues en los primeros estados de su ciclo vegetativo es más sensible a los inconvenientes del suelo que otros cultivos.

El fruto es una baya (Baixauli Soria, 2003) que puede tener formas diferentes: globosa, aperada o alargada. Su color puede variar desde el negro, morado, violeta, jaspeado, blanco o verdoso. Tiene una pulpa consistente y seca en la que se encuentran gran número de semillas. Desde que se planta hasta que se inicia la recolección suelen transcurrir de 100 a 125 días, según variedades y época de cultivo.

En cuanto a exigencias climáticas (Serrano Cermeño, 1978), cabe destacar la temperatura, humedad y luminosidad:

- Temperatura: El cultivo de la berenjena necesita más temperatura que el tomate y el pimiento. La temperatura ideal para el cultivo oscila entre 22º a 27ºC por el día y 17º a 22ºC por la noche.
- Humedad: Es más exigente en humedad del ambiente que el tomate. Si la humedad es excesiva y las temperaturas son óptimas para el desarrollo de determinadas criptógamas, el problema de fructificación que normalmente tiene la berenjena en el invernadero se agrava debido a la aparición de ciertos hongos, como Botrytis.
- Luminosidad: Necesita bastante luminosidad, tanto para su desarrollo como para la floración y el cuaje de los frutos. Si se encuentra en un ambiente de baja luminosidad, vegeta frondosamente siempre que las demás condiciones

climáticas sean óptimas pero presenta graves inconvenientes en la floración y fecundación.

Temperatura mínima de germinación	12-15°C
Temperatura máxima de germinación	20-30°C
Temperatura óptima del sustrato	15-20°C
Temperatura óptima día	22-27°C
Temperatura óptima noche	15-18°C
Temperatura mínima letal	0-2°C
Temperatura mínima biológica	9-10°C
Humedad relativa óptima	65-70%
pH del suelo	5,5-8

En el abonado de fondo, incorporado antes de hacer la plantación, no conviene aportar nitrógeno.

La poda se suele realizar a dos o tres ramas para conseguir mayor precocidad y mejor calidad, aunque se obtenga menor número de frutos. También requiere un perfecto entutorado, ya que el peso de los frutos puede romper algunas ramas si no están bien condicionadas. Además, el entutorado reduce los problemas de falta de aireación e iluminación y su repercusión en las dificultades de floración y fructificación típicos de las berenjenas.

La berenjena de invernadero encuentra múltiples problemas, pudiendo adquirir un desarrollo vegetativo exuberante que incide en una ausencia grande de floración. Además, los frutos cuajados no tienen un desarrollo normal. La razón de este desequilibrio está en que si no se consiguen los primeros frutos que sujeten el desarrollo de la planta, ésta toma más vigor. Como consecuencia de esto la planta florece menos y la fecundación de las pocas flores que salen se dificulta. También ocurre que en el cáliz suele asentarse una serie de hongos, principalmente *Botrytis*, que provocan el aborto de estas flores y que el desarrollo de los frutos no se realice con normalidad.

Los invernaderos son una construcción formada por una estructura de madera o metálica y recubierta de cristal o plástico que proporciona a la planta condiciones ambientales muy favorables que no tiene al aire libre. A parte de las desventajas citadas anteriormente, este ambiente propicio para el desarrollo del cultivo da como resultado:

- La obtención de productos fuera de época.
- Mayor precocidad, al dotar a la planta del clima óptimo que reduce su ciclo vegetativo y que repercute en una mayor cotización de los frutos al recolectarse con anterioridad a su época normal.
- Incremento de las producciones y de la calidad de los frutos, como consecuencia de las mejores técnicas empleadas.

Las exigencias climáticas en el cultivo de la berenjena en invernadero son (Reche Mármol, 1991):

- 1) Temperatura: En el estudio de la temperatura deberemos distinguir entre la del suelo y la del ambiente del invernadero. La primera ejerce su influencia, principalmente, en las primeras fases de cultivo. La segunda ejerce su acción sobre

la planta a partir del momento de su plantación, interviniendo en el arraigo, crecimiento y desarrollo. La temperatura del aire idónea está entre los 20 y 25° C, siendo la mínima de 15°C y la máxima 35° C, por lo que en zonas frías habrá que retrasar o adelantar la plantación, según el caso. Durante el primer mes de crecimiento, la temperatura no debe bajar de 15° C durante la noche y con las primeras flores no ha de bajar de 10° C, pues éstas se deforman con desarrollo exagerado de los sépalos.

- 2) Humedad: En el aire del invernadero siempre hay agua en forma de vapor, producida por la evaporación del agua de riego y la transpiración de las plantas. La concentración de vapor de agua se mide en porcentaje de humedad; cuanto mayor es la temperatura, mayor es el contenido de vapor de agua que puede admitir el aire. De aquí surgen dos conceptos de humedad, absoluta y relativa. La primera es el peso en gramos del vapor de agua contenida en un metro cúbico de aire en un momento dado, varía entre 0 y 30 gramos. El concepto de humedad absoluta no tiene importancia desde el punto de vista climático. La humedad relativa, es el índice más práctico para indicar el estado higrométrico o de humedad. Para una temperatura dada, es el cociente entre la humedad absoluta y el máximo contenido de vapor de agua que tendría el aire saturado a la temperatura del momento de la observación. La berenjena, sin embargo, no admite humedad alta, pues su óptimo es del 50 al 65%, valores que están por debajo, a menudo, de las medidas en los invernaderos, que suele ser del 70-75% de humedad relativa. Con humedad alta y baja temperatura se produce en la berenjena:

- Deficiente floración y fructificación.
- Caída de flores.
- Frutos deformados y de escasa calidad.
- Se reduce la transpiración por obstrucción de los estomas, disminuyendo el crecimiento al disminuir la fotosíntesis.

- 3) Luminosidad: Depende de la insolación, y junto con la temperatura y la humedad son variables meteorológicas de suma importancia para la planta. La insolación es el número de horas de sol durante el día, la luminosidad depende de la insolación así como de la intensidad de la misma. La luminosidad influye en el fotoperiodismo, es decir, en la relación a influencia que tiene la duración del día sobre las plantas y principalmente sobre la floración. La berenjena es una planta de día largo y su floración se lleva a cabo cuando el día tiene una duración de 10 – 12 horas. Por ello puede tener problemas el cultivarla durante el invierno en zonas donde los días son más cortos. La iluminación, además del efecto sobre la floración, interviene en :

- La duración entre la germinación y la maduración.
- En la fotosíntesis y el crecimiento de la planta.

La berenjena es una planta exigente en luz, sobre todo durante las fases de semillero, floración y fructificación. Su falta produce:

- Ahilamiento en el semillero.
- Malformación de flores y hojas.
- Deficiente fecundación.
- Frutos deformes, pequeños y con pulpa esponjosa.

Partiendo de un buen análisis de tierra y agua se podrán precisar las dosis de fertilizantes que es conveniente de aportar. Para ello hay que tener presente las épocas de cultivo, así como la diversidad de suelos y aguas. En terrenos y aguas salinas es importante analizar todos los años el agua y el suelo para conocer la evolución y salinidad. La poda consiste en dejar varias ramas, eliminando el resto de las brotaciones. Con la poda, además de limitar el número de ramas que forman la planta, se controla el desarrollo vegetativo eliminando flores, frutos y hojas a cambio de conseguir una mayor calidad de los frutos y precocidad en la recolección.

En cuanto al tiempo que transcurre desde el trasplante al inicio de la recolección puede variar desde 60 días en las zonas más tempranas hasta tres meses en las zonas frías.

El fruto de berenjena se debe recolectar antes de que las semillas empiecen a engrosar, ya que después, cuando los frutos están semillados, amargan el paladar. La madurez comercial no coincide con la madurez fisiológica, al igual que el tomate y el pimiento. Cuando el fruto ha madurado, su piel se torna de color pardo, de poca firmeza, con la pulpa acolchada, amarga al paladar y con las semillas formadas. El momento oportuno de cortar los frutos de la berenjena es con la madurez comercial, cuando éstos presentan en toda la superficie el aspecto brillante característico de su coloración, con la pulpa compacta. Al cortar la pulpa las semillas no se destacan claramente. En los cultivos que presentan problemas de floración y fructificación es conveniente que, al principio de la recolección, no se recolecten los dos o tres primeros frutos, mientras no se vea que en la planta hay ya varios frutos que estén cuajados.

Se pondrá el máximo cuidado para que se conserve el cáliz cuando se corte el fruto. El corte de los frutos se ha de hacer con tijeras y por encima del pedúnculo dejándole 2-3 cm de largo. La recolección con tijera es más rápida, pues con una mano se agarra el fruto y con la otra se da el corte. De esta forma pueden recolectarse de 400-500 kg de frutos por persona y jornada de trabajo. Si el fruto se recolecta tirando de él generalmente se resquebraja el tallo de la planta y el pedúnculo del fruto, mermando la calidad y presentación.

La recolección conviene hacerla por la mañana, cuando no hay en el invernadero demasiado calor. Es necesario evitar que los frutos reciban golpes, ya que las berenjenas son unas hortalizas muy delicadas que suele amargar en las magulladuras de los golpes que recibe y estas magulladuras son puerta de entrada para hongos que les causan pudriciones.

Una vez finalizada la recolección se hace una somera selección por tamaños (grandes, medianos y pequeños) y separando el destrío. Así preparados los envases, el agricultor los transporta a la central hortofrutícola de la que forma parte o a los mercados en origen. El destrío formado por frutos pequeños, dañados, etc., suele representar entre 5-10% de la producción.

El tomate es una planta perteneciente a la familia de las solanáceas, denominada científicamente *Lycopersicum esculentum* Mill o *Lycopersicum lycopersicum* L. Farwell. Es originario de zonas de Perú y Ecuador. Se introdujo en España a principios del siglo XV. Se exporta mayoritariamente a Europa y a Estados Unidos (para consumo en fresco). Todas las provincias españolas dedican alguna superficie al cultivo del tomate,

principalmente en regadío. El cultivo del tomate mantiene su superficie no ya sólo por su rentabilidad sino por el abanico de posibilidades que rodea: variedades más productivas y de mayor calidad, resistencia a plagas y enfermedades, incorporación de la técnica del injertado que le proporciona una mayor protección contra hongos del suelo, variedades larga vida, recolección en racimo, diversidad de procesados a partir del tomate y por sus aportaciones nutritivas a la dieta diaria. Además el tomate tiene una oferta y demanda a lo largo de todo el año, al contrario de otras hortalizas más estacionarias, como melón 'o sandía.



*Figura 1: Distribución porcentual de la superficie cultivada en tomate en invernadero en las principales regiones y provincias 2006/2007. Superficie total 20.000h. (Fuente: Reche Mármol, 2009. Cultivo de Tomate en Invernadero.)*

Es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. La planta puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta, y el crecimiento es limitado en las variedades determinadas.

El desarrollo de las semillas es esencial para el crecimiento normal del fruto, ya que estas van a producir unas auxinas que van a ser las encargadas de hacer que el ovario llegue a convertirse en fruto. La importancia de estas auxinas queda patente porque cuando los frutos poseen un reparto desigual de semillas en sus lóculos, presentan una forma irregular por atrofia parcial de la pared celular.

La formación y desarrollo floral, va a depender de la temperatura (siendo sensibles a temperaturas nocturnas), de la humedad y de la luz.

- La temperatura influye en todas las funciones vitales de la planta, como la transpiración, fotosíntesis, germinación, etc.
- La humedad influye sobre el crecimiento de los tejidos, transpiración, fecundación de las flores y desarrollo de enfermedades criptogámicas.
- La luminosidad tiene gran influencia tanto en la fotosíntesis como sobre el fotoperiodismo, crecimiento de los tejidos, floración y maduración de los frutos.

El fruto es una baya de color amarillo, rosado o rojo debido a la presencia de licopina y carotina, en distintas y variables proporciones. Su forma puede ser redonda, achatada

o en forma de pera; y su superficie lisa o asurcada, siendo el tamaño muy variable según la variedad. En sección transversal podemos observar la piel, la pulpa firme, el tejido placentario y la pulpa gelatinosa que envuelve a las semillas. El espesor de la piel aumenta en la primera fase del desarrollo del fruto, adelgazando y estirándose al acercarse a la maduración.

El fruto adulto del tomate está constituido, básicamente, por el pericarpo, el tejido placentario y las semillas (Nuez Viñals, 2001).

El pericarpo lo componen la pared externa, las paredes radiales o septos que separan los lóculos y la pared interna o columela. Se origina de la pared del ovario y consta de un exocarpo o piel, un mesocarpo parenquimático con haces vasculares y el endocarpo constituido por una capa unicelular que rodea los lóculos.

El mesocarpo de la pared externa está compuesto principalmente por células parenquimáticas, que son mayores en la región central y disminuyen junto a la epidermis y los lóculos. Las paredes radiales o septos y la columela son, también, fundamentalmente parenquimáticos. La columela suele estar menos pigmentada que las paredes radiales y externa y puede incluir grandes espacios de aire que dan al tejido un aspecto blanquecino.

La piel o exocarpo consta de la capa epidérmica externa, sin estomas y prácticamente sin almidón. La epidermis está cubierta por una fina cutícula que se engrosa a medida que se desarrolla el fruto.

Las cavidades locales son huecos en el pericarpo. Un fruto normal posee, al menos, dos lóculos. Los lóculos contienen las semillas rodeadas por una masa gelatinosa de células de paredes delgadas de tipo parenquimático que llenan las cavidades locales cuando el fruto está maduro. Este tejido, formado por una excrescencia de la placenta que rodea gradualmente las semillas, aparece tempranamente durante los primeros 10 días y en los días siguientes llena totalmente la cavidad local y entra en contacto con las paredes externas y radiales de los carpelos, pero no se une a ellas. En el fruto inmaduro, este tejido es firme y compacto, pero al iniciarse la maduración las paredes celulares comienzan a desintegrarse, se hacen más delgadas y cerasas, se aplastan parcialmente y el tejido local se hace gelatinoso.

El tiempo necesario para que un ovario fecundado se desarrolle a un fruto maduro es de 7 a 9 semanas, en función del cultivar, la posición en el racimo y las condiciones ambientales. El primer periodo, de crecimiento lento, dura 2 ó 3 semanas y cuando termina, el peso del fruto es inferior al 10% del peso final. El crecimiento en este periodo se produce, fundamentalmente, por división celular y en mucho menor grado por crecimiento de las células. El segundo periodo, de crecimiento rápido, dura 3-5 semanas y se prolonga hasta el inicio de la maduración. Hacia la mitad de este periodo, unos 20-25 días después de la antesis, la velocidad de crecimiento es máxima y, al final del mismo, el fruto ha alcanzado prácticamente su máximo desarrollo. Durante esta etapa el crecimiento del fruto se produce por aumento del tamaño de las células preformadas. Finalmente hay un periodo de crecimiento lento, de unas dos semanas, en el que el aumento en el peso del fruto es pequeño pero se producen los cambios metabólicos característicos de la maduración. La importación de asimilados por el fruto termina 10 días después del inicio del cambio de color, ya avanzado el proceso de maduración.

El tamaño final del fruto está estrechamente correlacionado con el número de



semillas y el número de lóculos. El número de semillas varía, típicamente, entre 50 y 200. La correlación entre el número de semillas y el peso final del fruto es significativo para cada cultivar, pero las relaciones son distintas entre racimos de la misma planta, dependiendo también de las condiciones de cultivo.

El tomate es una planta que se adapta bien a una gran variedad de climas, con excepción de aquellos en los que se producen heladas, ya que es sensible a este fenómeno.

El tomate es una de las solanáceas más resistentes a la salinidad, según datos de la F.A.O. Esta tolerancia hace que su área de cultivo se encuentre, principalmente, en zonas con suelos y aguas más salinos.

Temperatura mínima de germinación	9-10°C
Temperatura óptima	25-30°C
Temperatura máxima	35°C
Temperatura óptima del sustrato	15-20°C
Temperatura óptima día	22-26°C
Temperatura óptima noche	13-16°C
Temperatura mínima letal	0-2°C
Temperatura mínima biológica	8-10°C
Humedad relativa óptima	55-60%
pH del suelo	6-7,5

Cabe destacar el cambio sufrido en los semilleros en los últimos años. La utilización de nuevos híbridos de alto coste trae consigo el mejoramiento y mecanización del tipo de semilleros (Rodríguez Rodríguez et al., 2001). Por eso se han buscado sistemas de semillero que sean capaces de:

- Aprovechamiento máximo de las semillas.
- Conseguir una mayor defensa contra plagas y enfermedades.
- Permitir una mayor adaptación al medio donde vayan a cultivarse.
- Permitir una máxima mecanización.

Intentando conseguir con ello:

- Individualizar las semillas para obtener un mejor aprovechamiento y por tanto ahorro.
- Obtener plantas sanas y homogéneas al utilizar sustratos estériles y de igual constitución.
- Realizar el semillero en el mismo medio que luego se cultivará (en el caso de cultivo hidropónico).
- Ahorrar en mano de obra al poder mecanizar muchas de las fases de esta labor.

La temperatura de crianza de la planta de tomate en el semillero va a influir en la inducción floral y el cuajado de los primeros frutos

Lo primero que debemos tener en cuenta para el cultivo de tomate en invernadero es el análisis previo del terreno que se pretende cultivar para saber si los niveles de nutrientes que existen son los necesarios para el cultivo.

La temperatura, humedad y luminosidad son los factores que van a variar



ampliamente dadas las características de los invernaderos (Reche Mármol, 2009).

- Temperatura: Para el estudio de la temperatura diferenciamos la del suelo y la del ambiente interior del invernadero. La primera tiene influencia, principalmente, en las fases de germinación y enraizamiento. La segunda ejerce su acción sobre la planta, una vez emergida ésta después del trasplante sobre el proceso respiratorio y la transpiración. La temperatura ambiente tiene gran influencia en la fotosíntesis y la transpiración de las plantas, además de influir en la floración, fecundación, crecimiento y maduración de los frutos del tomate. La del suelo interviene no sólo en el arraigo de las plantas, sino que incide fundamentalmente en la descomposición de la materia orgánica. En los invernaderos puede influirse sobre la temperatura mediante:
  - o Riegos.
  - o Ventilación.
  - o Diferentes tipos de plástico en cubrición (efecto del invernadero).
- Humedad: El agua de riego aporta la humedad exigida por las plantas para su crecimiento y desarrollo. Es imprescindible al ser el componente esencial de sus tejidos. En la planta de tomate cerca del 95% de su peso total es de agua. La humedad relativa ideal bajo invernadero para tomates es de 50-60 %. Un exceso de la misma se puede combatir:
  - o Con ventilación.
  - o Aumentando la temperatura.
  - o Acolchando.
  - o Controlando los riegos.

El defecto de humedad se puede combatir a su vez:

- o Aumentando riegos.
- o Con pulverizaciones de agua tanto en pasillos como sobre el cultivo.

Con humedades menores del 50%, la planta transpira en exceso, con el peligro de estrés hídrico, se reduce la fotosíntesis y la nutrición, se incrementa la probabilidad de la aparición de podredumbre apical al no poder asimilarse el calcio, frutos pequeños y deformes, y el polen no queda fijado en el estigma del pistilo, produciéndose fallos de fecundación. Con humedades superiores al 80% se incrementa la incidencia de enfermedades causadas por los hongos *Botrytis*, *Cladosporium* y por bacterias, el riesgo del rajado de los frutos y el apelmazamiento del polen

- Luminosidad: La luminosidad influye en el fotoperiodo, es decir, en la reacción e influencia que tiene la duración del día sobre las plantas, principalmente sobre el momento de la floración; y aunque el tomate es una planta neutra y no es muy exigente en luminosidad, cuando ésta es escasa durante los meses de otoño-invierno tiene influencia no sólo en el crecimiento de la planta, sino en todo el proceso de apertura de la flor, en la fecundación, en la viabilidad del polen, en el desarrollo de la planta y en la maduración y coloración del fruto. La luminosidad bajo invernadero puede estar afectada por el tipo de plástico.

La época de plantación depende de las zonas climatológicas y de los mercados a los que se dirige el fruto, teniendo en cuenta que bajo invernadero la planta puede vegetar durante más tiempo que aire libre, al ser mejor el control de las condiciones

atmosféricas, lo que permite cubrir un mayor período de producción (ciclo más largo).

En las zonas en que se cultiva para la exportación se hacen plantaciones tempranas (julio-agosto), semitempranas (septiembre-octubre) y tardías (noviembre-diciembre), mientras que en las dedicadas a los mercados interiores o locales se concentran en enero-febrero o marzo-abril-mayo.

Hay que tener en cuenta que el fruto del tomate requiere de 40-60 días desde la floración para alcanzar la madurez completa, por tanto, en base a estos datos y a las demandas de los mercados debe organizarse la plantación escalonadamente, para cubrir un mayor período de producción.

El tomate no es un cultivo muy exigente en calidad de agua. El agua, al ser el vehículo que transporta los nutrientes a las plantas, es fundamental y una insuficiencia temporal provoca o puede provocar un parón en el crecimiento vegetativo, cosa que perjudica a la planta, además de poder producir la podredumbre (ahogando) del fruto por estos desequilibrios. Por lo tanto, la estimación de las necesidades de agua es difícil de generalizar, ya que depende de muchos factores como son:

- Agua.
- Clima.
- Planta.
- Suelo.

Desde el punto de vista del abonado, es necesario realizar un análisis de muestras de tierra previo para obtener una orientación sobre la fertilización. Los análisis deben realizarse, como mínimo, en tres momentos:

1. Quitar el cultivo anterior o antes de la próxima preparación del terreno.
2. Al mes de la plantación.
3. Dos meses después del segundo o antes si hubiera alguna deficiencia.

Debido a los numerosos problemas que presentan los hongos, nematodos, suelos salinos, agotamiento de los suelos agrícolas y el alto coste de las desinfecciones del suelo, es normal que cada vez se use más para el tomate un cultivo sin suelo sobre distintos materiales como rock wool, perlita, picón, etc. De este modo, en la zona costera del sureste español (Alicante, Murcia, Almería y Granada) se han ido poniendo en práctica, en pocos años, diferentes sistemas de cultivo sin suelo. Se utilizan materiales (sustratos) ya conocidos en el cultivo hidropónico en otros países, pero adaptando sus características a nuestras condiciones. Con esta forma de cultivo se va a conseguir un mejor control en el aporte de nutrientes y mejora la calidad.

Los puntos fundamentales a tener en cuenta para llevar a cabo el cultivo sin suelo será:

1. La necesidad de contar con electricidad en la explotación.
2. Evitar periodos de inactividad
3. Utilizar un goteo adecuado.
4. Utilizar una fórmula de abonado adecuada.
5. Comenzar la fertirrigación desde el primer riego.
6. Prevenir enfermedades de cuello y radicales con tratamientos fungicidas.

Con las labores de cultivo se trata de mantener a la planta en un estado lo más perfecto posible para obtener una fructificación óptima y una mayor longevidad de la misma.

Deberemos realizar deshierbes cada vez que aparezcan malas hierbas. En cuanto a la poda, lo más aconsejable es la conducción de la planta a un tallo (si es de cultivar mediano), también se puede hacer a un solo tallo o a dos tallos (para otras variedades) para así conseguir disminuir el vigor de la planta y reducir el tamaño de los frutos. Debemos tener en cuenta a la hora de realizar la poda los siguientes puntos:

- Marco de plantación aplicado: Cuanto mayor sea el marco mayor será el número de brotes que se pueden dejar.
- Precocidad que se quiera obtener: Con la poda del tallo principal y despuntándose lo antes posible se obtiene una máxima precocidad.
- Variedad empleada: las variedades según sean más o menos vigorosas llevarán un tipo u otro de poda.
- Época de plantación: Según la época de plantación llevará uno u otro tipo de poda, ya que las horas de luz, problemas fitosanitarios, etc. actúan de forma diferente dependiendo de la estación en que se cultiven.

A parte de realizar el entutorado, será recomendable ir eliminando los brotes auxiliares, para que solo quede el tallo principal del que irán saliendo los ramilletes florales.

La recogida del fruto para consumo en fresco se realiza casi exclusivamente a mano. La recolección mecánica requiere la utilización de variedades que se cultiven sin entutorar, y cuyos frutos sean de maduración simultánea. El fruto sufre más, por lo que se deteriora rápidamente. Se practica fundamentalmente en el tomate para conserva.

La recogida del tomate se realiza durante un período de tiempo bastante largo, a veces hasta 7 meses, a lo largo del cual van entrando en maduración los frutos de distintos niveles en la planta. Para esta recolección manual se utilizan bandejas, donde se evitará apilarlas para que los tomates no sufran ningún daño mecánico.

El tomate para exportación a los mercados europeos y en particular las variedades de pequeño tamaño deben recolectarse siempre con pedúnculo (al igual que el resto de frutas y hortalizas). La recolección empieza, según las variedades utilizadas, entre los 60 y los 80 días desde el trasplante. La recogida del tomate se escalona a lo largo de todo el año en las distintas zonas de España.

En ocasiones se emplea la prerrefrigeración, inmediatamente después de la recolección, con lo que el tomate adquiere una buena consistencia para su posterior manipulación.

Respecto a las horas de recogida del fruto, son preferibles las primeras de la mañana, en especial en los meses calientes.

## **2.2 Datos estadísticos.**

La superficie total mundial dedicada al cultivo de berenjena es de unas 400.000 ha. Destaca en primer lugar China, que cubre el 50% de la superficie cultivada en el mundo. De entre los principales países productores destacan por sus altos rendimientos: Japón, Italia, Sudán y Grecia. Los países menos productores de estas hortalizas son: Mauritania, Cuba, República Dominicana, Haití, Venezuela y Chipre. En el siguiente gráfico podemos ver cuáles son los principales productores de berenjenas a nivel mundial:

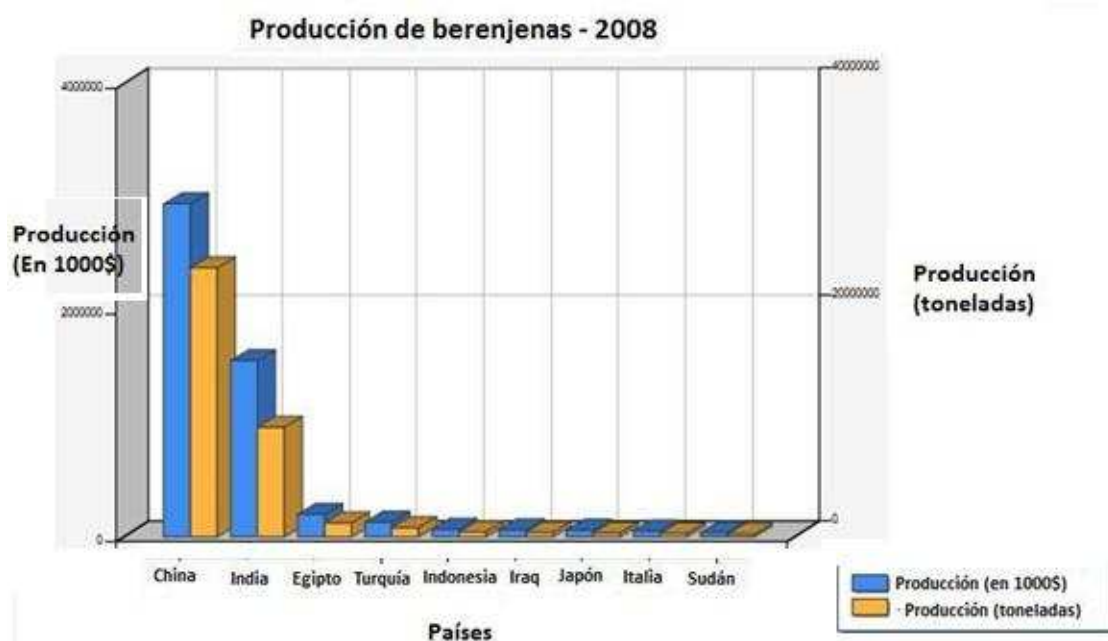


Figura 2: Producción de berenjenas a nivel mundial (Fuente: FAO 2008)

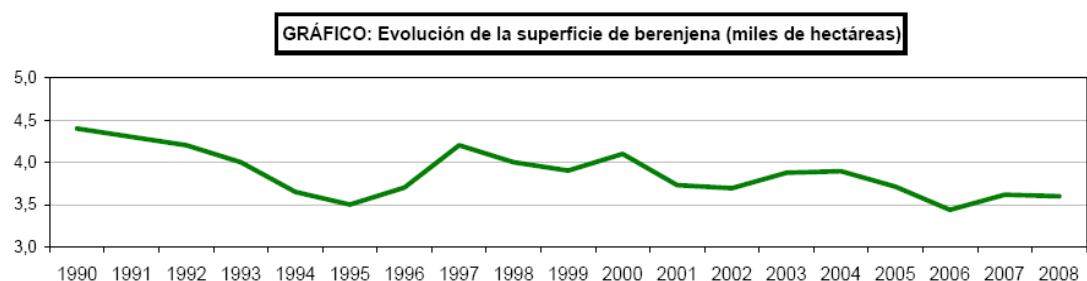
Tabla 1: Principales países productores de berenjenas a nivel mundial

Orden de producción	Países	Producción (En 1000\$)	Producción (Toneladas)
1	China	2939536	23748144
2	India	1556609	9678000
3	Egipto	199870	1242670
4	Turquía	130873	813686
5	Indonesia	68705	427166
6	Iraq	65313	406076
7	Japón	58851	365900
8	Italia	51757	321795
9	Sudan	37797	235000
10	Filipinas	32100	199579
11	<b>España</b>	<b>28147</b>	<b>198768</b>
12	Siria	26570	165200
13	Rumania	24717	153677
14	Irán	20105	443060
15	Sri Lanka	16753	104160
16	Jordania	16068	99902
17	Pakistán	14062	87434
18	Grecia	13719	85300
19	Azerbaiyán	12943	80472
20	Costa de Marfil	12622	78477

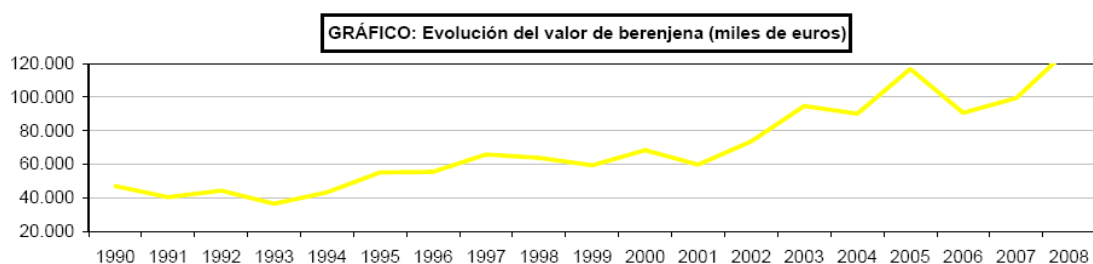
(Fuente: FAO 2008)

Son pocas las provincias españolas que no dedican alguna superficie de terreno al cultivo de la berenjena, ya que excepto La Coruña, Orense, Álava, Vizcaya, León, Palencia, Valladolid, Albacete, Cuenca y Asturias, en el resto tiene presencia, aunque no con tanta intensidad.

A continuación podemos ver la evolución (en miles de hectáreas y de euros) que ha sufrido el cultivo de berenjena en España desde los años 90 hasta el 2008:



*Figura 3: Evolución de la superficie de berenjena, en miles de hectáreas (Fuente: Anuario de Estadística del MARM, 2009)*



*Figura 4: Evolución del valor de berenjena, en miles de euros (Fuente: Anuario de Estadística del MARM, 2009)*

La producción se encuentra concentrada, principalmente, en Andalucía, Comunidad Valenciana y Cataluña, en donde se cultiva el 80% de toda la superficie del territorio español. En cuanto a Andalucía la producción está repartida de la siguiente forma:

*Tabla 2: Superficie del cultivo de berenjena en Andalucía*

	Superficie (hectáreas)				Rendimiento (kg/ha)			
Provincias	Secano	Regadío		Total	Secano	Regadío		Producción (tn)
		Aire libre	Protegido			Aire libre	Protegido	
Almería	-	-	1.622	1.622	-	-	78.239	126.904
Cádiz	-	294	20	314	-	33.000	60.000	10.902
Córdoba	8	96	-	104	9.500	27.500	-	2.716
Granada	-	32	4	36	-	30.875	56.250	1.213
Huelva	1	7	-	8	8.000	29.000	-	211
Jaén	-	132	-	132	-	26.500	-	3.498
Málaga	-	100	184	284	-	25.000	56.000	12.804
Sevilla	-	60	5	65	6.325	33.315	53.304	2.265
Andalucía	9	721	1.835	2.565	9.333	29.861	75.694	160.513

*(Fuente: Anuario de Estadística del MARM, 2009)*

Los mayores rendimientos y producciones se obtienen en las provincias del área mediterránea, por sus mejores técnicas de cultivo y por la introducción de nuevas variedades más precoces y productivas.

En Almería, la berenjena es una de las hortalizas con menos superficie de cultivo, aunque en los últimos cinco años ha aumentado notablemente debido al aumento de demanda que ha sufrido. Se están incorporando al control biológico y se espera que el 100% de las berenjenas se cultiven mediante esta técnica en los próximos años.

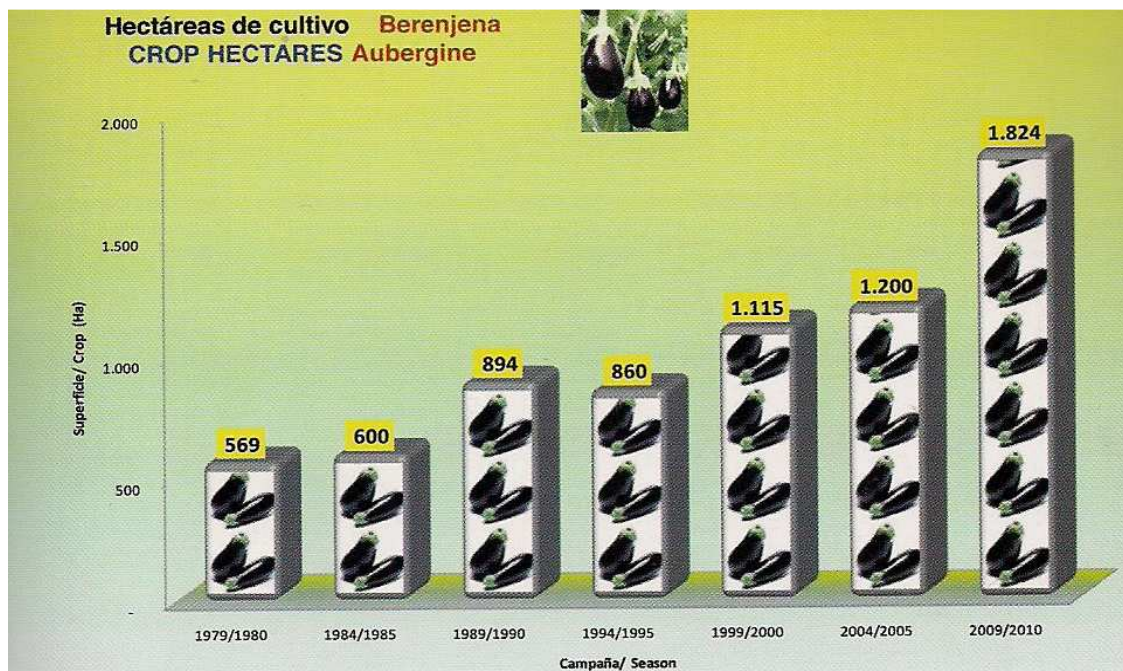


Figura 5: Hectáreas de cultivo en Almería (Fuente: “Almería. Calidad por naturaleza” Dirección General de Industrias y Calidad Agroalimentaria. Consejería de Agricultura y Pesca 2011)





Figura 6: Producción de berenjena en Almería (Fuente: Fuente: “Almería. Calidad por naturaleza” Dirección General de Industrias y Calidad Agroalimentaria. Consejería de Agricultura y Pesca 2011)



Figura 7: Evolución Valor de comercialización en destino de la berenjena (Fuente: Fuente: “Almería. Calidad por naturaleza” Dirección General de Industrias y Calidad Agroalimentaria. Consejería de Agricultura y Pesca 2011)

El tomate es una planta cuyas exigencias climáticas, de agua y de suelo no impide que su cultivo esté tan extendido por todo el mundo. La producción mundial de tomate se incrementa año tras año, directamente proporcional al aumento de población, ya que este fruto es una de las hortalizas de mayor consumo e importancia en el mundo. En el siguiente gráfico podemos ver cuáles son los principales productores de tomate a nivel mundial:

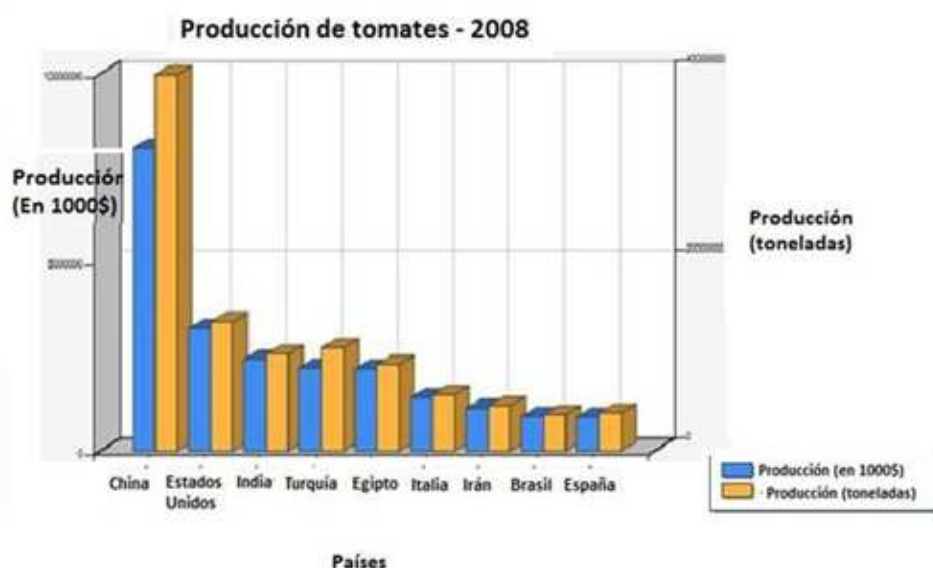


Figura 8: Producción de tomates a nivel mundial (Fuente: FAO 2008)

Tabla 3: Principales países productores de berenjenas a nivel mundial

Orden de producción	Países	Producción (En 1000\$)	Producción (Toneladas)
1	China	8034699	39938708
2	Estados Unidos	3250246	13718200
3	India	2441089	10303000
4	Turquía	2212343	10985400
5	Egipto	2180726	9204100
6	Italia	1416109	5976910
7	Irán	1143518	4826400
8	Brasil	916363	3867660
9	<b>España</b>	<b>905664</b>	<b>4049750</b>
10	México	695809	2936770
11	Rusia	459338	1938710
12	Uzbekistán	457274	1930000
13	Nigeria	403017	1701000
14	Ucrania	353523	1492100
15	Grecia	317154	1338600
16	Marruecos	310925	1312310
17	Chile	300901	977000
18	Túnez	277208	1170000
19	Siria	275620	1163300
20	Portugal	271900	1147600

(Fuente: FAO 2008)



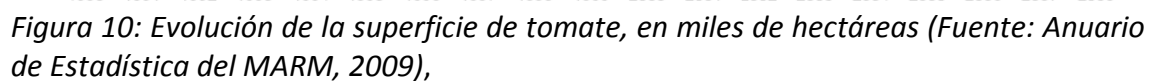
Producción mayor de 750.000 toneladas  
 Producción entre 300.000 y 750.000 toneladas  
 Producción entre 50.000 y 300.000 toneladas

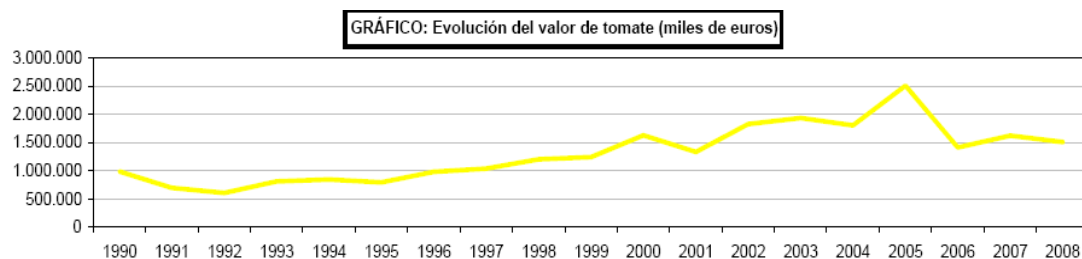
Mayoritariamente industria

Fuente: MARM, 2007

En general, se ha producido un aumento de las superficies cultivadas en las provincias del sudeste peninsular (Almería, Murcia y Alicante) y en Las Palmas, mientras que en Tenerife se ha mantenido bastante estable.

A continuación podemos ver la evolución (en miles de hectáreas y de euros) que ha sufrido el cultivo de tomate en España desde los años 90 hasta el 2008:





*Figura 11: Evolución del valor de tomate, en miles de euros (Fuente: Anuario de Estadística del MARM, 2009).*

En Andalucía la producción de tomate está repartida d la siguiente forma:

*Tabla 4: Superficie del cultivo de tomate en Andalucía*

	Superficie (hectáreas)				Rendimiento (kg/ha)			
Provincias	Secano	Regadío		Total	Secano	Regadío		Producción (tn)
		Aire libre	Protegido			Aire libre	Protegido	
Almería	-	250	10.000	10.250	-	53.875	106.434	1.077.809
Cádiz	-	1.515	-	1.515	-	45.455	-	68.864
Córdoba	15	529	-	544	12.500	35.000	-	18.703
Granada	-	884	1.311	2.195	-	65.000	97.626	185.447
Huelva	13	123	15	151	6.000	37.000	70.000	5.679
Jaén	-	414	-	414	-	43.200	-	17.885
Málaga	11	674	1.042	1.727	15.000	50.000	65.000	101.595
Sevilla	43	2.535	80	2.658	4.420	71.860	130.000	192.755
Andalucía	82	6.924	12.448	19.454	7.568	57.280	102.146	1.668.737

*(Fuente: Anuario de Estadística del MARM, 2009)*

En Almería, el tomate se puede considerar el producto estrella, por:

- Mayor volumen en ventas.
- Mayor producción.
- Presenta muchos tipos de variedad en el mercado (tomate suelto, cherry, pera, raf, en rama, cherry en rama...)

La producción de tomate sufrió un descenso, pero en el siglo XXI volvió a alcanzar su liderazgo gracias a la introducción del tomate en rama y otras variedades. Cuenta con una Indicación Geográfica Protegida “La Cañada-Níjar” gracias a su calidad y su sabor en la provincia de Almería.

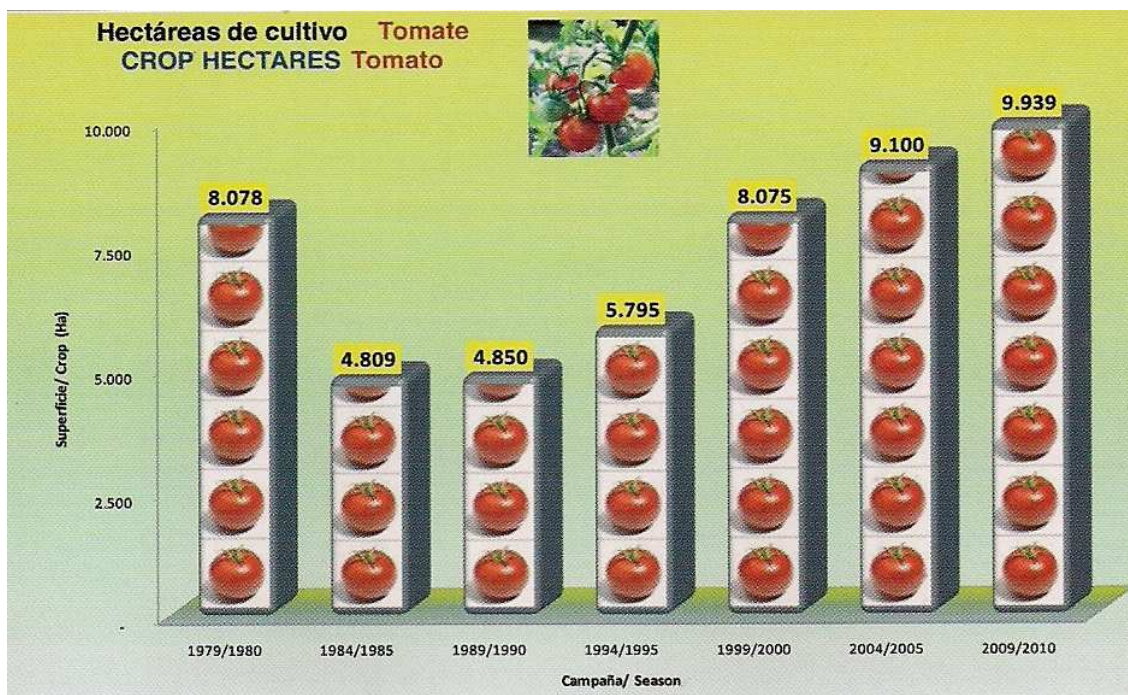


Figura 12: Hectáreas de cultivo en Almería (Fuente: Fuente: “Almería. Calidad por naturaleza” Dirección General de Industrias y Calidad Agroalimentaria. Consejería de Agricultura y Pesca 2011)

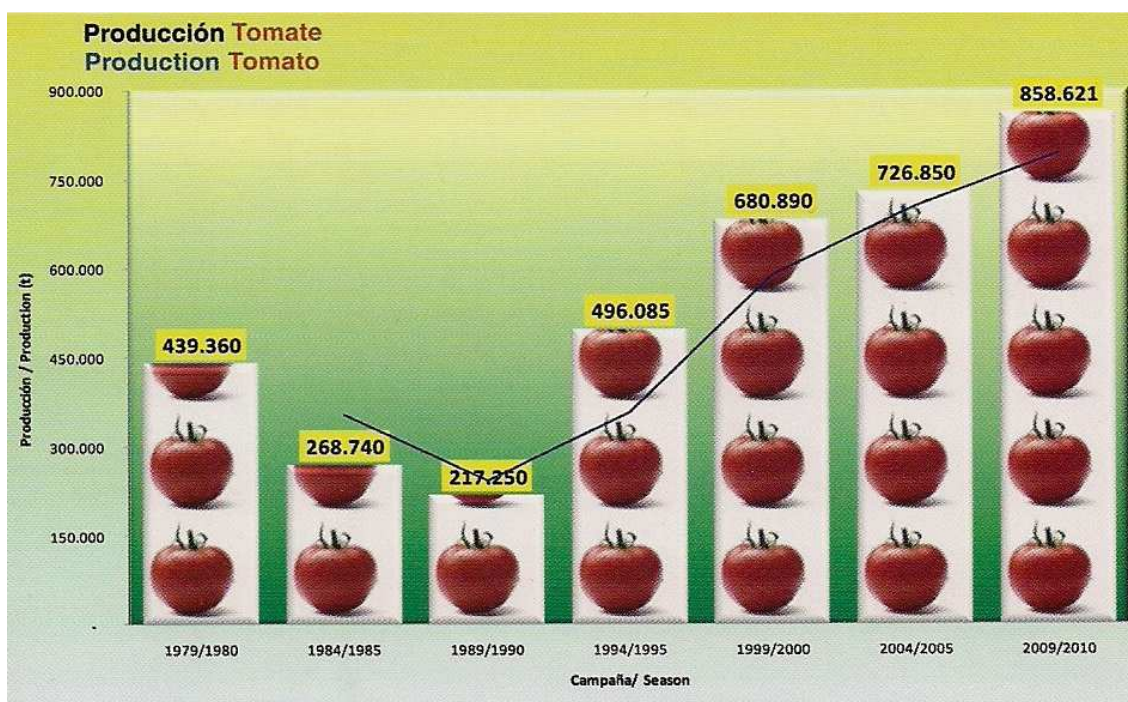


Figura 13: Producción de tomate en Almería (Fuente: Fuente: “Almería. Calidad por naturaleza” Dirección General de Industrias y Calidad Agroalimentaria. Consejería de Agricultura y Pesca 2011)





Figura 14: Evolución Valor de comercialización en destino del tomate (Fuente: Fuente: “Almería. Calidad por naturaleza” Dirección General de Industrias y Calidad Agroalimentaria. Consejería de Agricultura y Pesca 2011)

### 2.3 Criterios de calidad en berenjena y tomate.

La calidad es la capacidad que tiene un producto para satisfacer las necesidades de un cliente o consumidor, por eso es imprescindible que todos los frutos u hortalizas tengan unos mínimos de calidad para su comercialización. Estas características mínimas de calidad con unos requisitos mínimos que ha de cumplir el fruto para ser destinado al mercado para consumo en fresco según la Orden por la que se fijan los requisitos mínimos que deben cumplir las frutas y hortalizas. Las características más comunes que deben de presentar estos productos son:

- Estar enteros, de aspecto fresco y estar sanos (quedaran excluidos los productos que presenten podredumbres o alguna alteración)
- Exentos de materias extrañas visibles.
- Exentos de plagas y de daños causados por las mismas.
- Exentos de un grado anormal de humedad exterior.
- Exentos de olores y sabores extraños.
- Deben de presentar un desarrollo y estado para resistir el transporte y la manipulación.

Las principales características específicas de la berenjena y el tomate son:

Berenjena	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Provista de cáliz</li> <li>- Provista de pedúnculo</li> <li>- Desarrollo suficiente (sin carne demasiado fibrosa y sin desarrollo excesivo de semillas)</li> </ul>
-----------	---

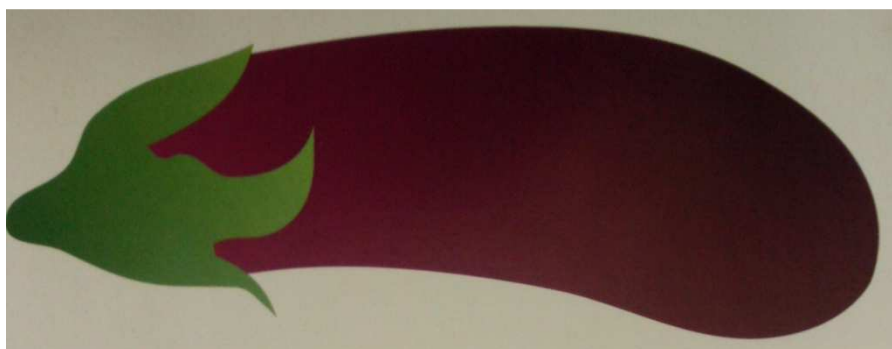
Tomate	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Firme</li> <li>- Tallos de aspecto fresco (para tomates en racimo)</li> <li>- Sanos</li> <li>- Exentos de hojas y materias extrañas visibles.</li> </ul>
--------	---

La calidad externa es una característica esencial a tener en cuenta y tan importante como la productividad del cultivar utilizado (Hortyfruta, 2009). Cualidades como uniformidad en la forma y color son exigidas para cada variedad en función de las exigencias del mercado al que se va a destinar el producto. Igualmente importante es la ausencia de deformaciones producidas por tratamientos hormonales que pueden llegar a depreciar de una forma importante el fruto.

Los factores más importantes de calidad interna, según un estudio hecho a los consumidores, son la textura, jugosidad, sabor y aspecto interno.

Para determinar la calidad en el cultivo de la berenjena hay que tener en cuenta los tipos comerciales que existen:

- Berenjena alargada.
- Berenjena redonda
- Berenjena rayada



*Figura 15: Berenjena alargada.*



*Figura 16: Berenjena redonda*



*Figura 17: Berenjena rayada*

En todas las categorías, sin perjuicio de las disposiciones particulares previstas para cada una de ellas y de las tolerancias admitidas, las berenjenas deben presentarse:

- Enteras.
- Con aspecto fresco.
- Firmes.
- Sanas, se excluyen los productos afectados de podredumbre o alteraciones tales que los hagan impropios para el consumo.
- Limpias: prácticamente exentas de materias extrañas visibles.
- Provistas de cáliz y pedúnculo, que pueden estar ligeramente dañados.
- Con un grado de desarrollo suficiente, sin que su pulpa sea fibrosa o leñosa y sin desarrollo excesivo de las semillas.
- Exentas de olor y/o sabor extraños.
- Exentas de humedad exterior anormal.

Las berenjenas deben haber alcanzado un desarrollo y un estado tales que los permita soportar un transporte y una manipulación para que puedan llegar al lugar de destino en condiciones satisfactorias.

Las diferentes clases comerciales a las que pueden pertenecer son:

- Clase I:
  - Deben presentar buena calidad y presentar las características de su variedad.
  - Deben estar prácticamente exentas de quemaduras de sol.
  - Podrán presentar los siguientes defectos, siempre que no perjudiquen a la apariencia, la calidad, la conservación ni la presentación del producto.
    - Ligeros defectos de forma.
    - Ligera decoloración en la base.
    - Ligeras magulladuras y/o heridas cicatrizadas cuya superficie no exceda de 3 cm<sup>2</sup>
- Clase II: esta clase comprende a las berenjenas que no pueden clasificarse en la clase I, pero que corresponden a las características mínimas definidas. Pueden presentar:
  - Defectos de forma
  - Defectos de coloración
  - Ligeras quemaduras de sol cuya superficie no exceda de 4 cm<sup>2</sup>
  - Defectos epidérmicos cicatrizados cuya superficie no exceda de 4 cm<sup>2</sup>

Dentro de las características mínimas de calidad existen unas tolerancias de calidad y de calibre donde se incluyen una cantidad permitida de producto, en un mismo envase, que no cumple con los requisitos de calidad exigidos. En el caso de las berenjenas esta tolerancia de calidad, tanto para la clase I y II, es de un 10%(en número o en peso) de berenjena que no cumpla con los requisitos de calidad de su clase (en cada envase). La tolerancia de calibre es la siguiente:

- Clase I: en cada envase se permita un 10% (en número o peso) de berenjena que no cumpla con los requisitos de calibrado.
- Clase II: En cada envase se permite un 10% (en número o peso) de berenjena que no cumpla con los requisitos de calibrado (no se admitirán berenjenas alargadas y rayadas con un diámetro inferior a 35mm ni berenjenas redondas con diámetro inferior a 65mm).

Las características de calibrado que deben de presentar las berenjenas para su comercialización son:

- ✓ Por diámetro:
  - Berenjena alargada y rayada: Calibre mínimo de 40 mm y la diferencia máxima permitida entre la pieza más grande y la más pequeña tiene que ser de 40 mm.
  - Berenjena redonda: Calibre mínimo de 70 mm y la diferencia máxima permitida entre la pieza más grande y la más pequeña tiene que ser de 60 mm.
- ✓ Por peso:
  - Mínimo: 100 gramos.
  - Se agrupan en la siguiente escala: desde 100 g a 450 g y de más de 450 g.

El calibrado no será obligatorio para los productos de la clase II, ya que sólo deberán respetar el diámetro y el peso mínimo y máximo establecidos.

La calidad del tomate se puede ver afectada por un incorrecto balance de nutrientes a favor del nitrógeno, que le puede ocasionar malformaciones y caída de flores

Muchos son los factores que afectan negativamente al cuajado del fruto y por lo tanto a su pérdida de calidad (Nuez Viñals, 2001; Rodríguez Rodríguez et al., 2001). La medida más importante es la sanidad del cultivo, ausencia de virosis, limpieza, sin sabor ni olor extraños, que no sea ni harinoso ni hueco, que resista bien el transporte y la manipulación, nutrición correcta, equilibrio vegetativo y un manejo y control del clima del invernadero para conseguir una buena polinización y unas magníficas condiciones ambientales para la dispersión del polen. También es importante tener una buena ventilación.

En la actualidad, el productor y consumidor tienen exigencias diferentes con respecto a las variedades de tomate.

El agricultor exige:

- Resistencia o tolerancia a plagas, enfermedades por hongos y contra virus, así como adaptación a condiciones adversas de suelo, agua y clima.
- Plantas vigorosas y precoces, y con altos rendimientos.
- Frutos homogéneos, de color rojo y de calibre adaptado a la demanda de los mercados.
- Resistencia a la conservación y al transporte.
- Con alta facultad germinativa.
- Semillas económicas y libres de enfermedades y virus.
- Variedades de crecimiento indeterminado.

Por otra parte, el consumidor desea:

- Frutos con aspecto externo atractivos en color y tamaño. Que posean buena conservación y textura.
- Con el clásico sabor y aroma a tomate.
- Precio asequible.
- Valor nutricional con alto contenido en licopeno y vitaminas.
- Ausencia de residuos fitosanitarios.

El establecimiento de unas normas de calidad en el tomate, tiene como objetivo fundamental el permitir al consumidor identificar exteriormente un lote y, por tanto, conseguir que esta identificación pueda mantenerse a lo largo del tiempo y del espacio, es decir, a través de toda la red de distribución.

Tres aspectos que deben considerarse en relación con la calidad son la firmeza, el calibre y el agrietado.

- El calibre de un fruto depende de la temperatura, del riego, del abonado, de los ataques parasitarios y de los accidentes fisiológicos.
- El agrietado depende, además del tipo de variedad, de las técnicas culturales, la uniformidad del riego y el tipo de suelo.
- La firmeza está relacionada con el espesor de la piel, deformabilidad, etc., pero asimismo con la forma de realizar el riego e incluso con la hora y el estado en que se recoge el fruto.

Para el tomate en fresco, las normas de calidad que se establecen en el seno de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas, son quizá las más exigentes de las que existen en distintos países y comunidades internacionales, pero por su



importancia para España, no sólo de cara a un posible ingreso en la CEE, sino como principal mercado exterior actual de exportación, son ya ampliamente aceptadas.

Se distinguen los siguientes tipos comerciales:

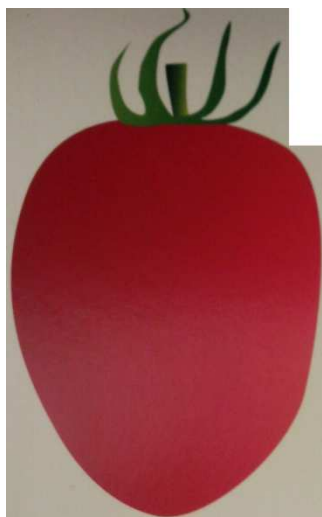
- Redondo liso.
- Asurcado.
- Oblongo o alargado.
- Tomate “cereza” (incluido el tomate cóctel).



*Figura 18: Tomate cereza.*



*Figura 19: Tomate asurcado.*



*Figura 20: Tomate oblongo o alargado*



*Figura 21: Tomate redondo liso*

Las diferentes categorías o clases comerciales a las que pueden pertenecer estos tipos son:

- Clase extra:
  - De calidad superior
  - Pulpa firme, dura y presentar la forma, el aspecto y el desarrollo característicos de su variedad.
  - No podrán presentar defectos de coloración
  - Podrán presentar muy ligeras alteraciones superficiales e la epidermis que no afecten al aspecto general del producto, ni a su calidad, conservación y presentación.
- Clase I:
  - De buena calidad.
  - Suficientemente firmes y duros y presentar las características de su variedad.
  - No podrán presentar grietas aparentes.
  - Podrán presentar los defectos leves siguientes, siempre que no afecten al aspecto general del producto, ni a su calidad, conservación y presentación:

- Ligeras malformaciones y defectos del desarrollo.
- Ligeros defectos de coloración.
- Ligeros defectos en la epidermis.
- Ligeras magulladuras.

Una excepción será los tomates asurcados que podrán presentar:

- Grietas cicatrizadas de 1 cm de longitud máxima.
- Protuberancias no excesivas.
- Un pequeño ombligo que no presente formación acorchada.
- Una fina cicatriz pistilar alargada (similar a una costura), cuya longitud no supere los 2/3 del diámetro máximo del fruto.

- Clase mixta:

- Los tomates clasificados en esta categoría deberán presentar unas características de calidad, firmeza, dureza y coloración idénticas a los de la clase I.
- Se admiten los mismos defectos leves que en la clase I.

Los tomates asurcados podrán presentar:

- Grietas cicatrizadas de 2 cm de longitud máxima.
- Cicatrices acorchadas de forma umbilical en el punto pistilar, cuya superficie total no exceda de 2 cm<sup>2</sup>.

- Clase II: Comprenderá los tomates que no pueden clasificarse en las clases superiores pero que cumplan las características mínimas de calidad.

- Ser suficientemente firmes y duros.
- No deben presentar grietas sin cicatrizar.
- Siempre que se conserven sus características esenciales de calidad, conservación y presentación estos tomates podrán tener los siguientes defectos:

- Defectos de forma, desarrollo y coloración.
- Defectos de la epidermis o magulladuras, siempre que no dañen gravemente el fruto.
- Grietas cicatrizadas de 3 cm de longitud máxima, en los tomates redondos, asurcados y oblongos.

Los tomates asurcados podrán presentar:

- Protuberancias más marcadas.
- Un ombligo.
- Cicatrices acorchadas de forma umbilical en el punto pistilar, cuya superficie total no exceda de 3cm<sup>2</sup>.
- Una fina cicatriz pistilar alargada (similar a una costura).

Dentro de las características mínimas de calidad existen unas tolerancias de calidad y de calibre, como en el caso de las berenjenas. En los tomates, esta tolerancia de calidad, será la siguiente para las diferentes clases comerciales:

- Clase extra: Un 5% en número o en peso de tomates que no cumplan los requisitos de esta clase pero que se ajusten a los de la clase I.
- Clase I: Un 10% en número o en peso de tomates que no cumplan los requisitos de esta clase pero que se ajusten a los de la clase mixta. Para los tomates en racimo, un 5% en número o en peso de tomates separados del tallo.

- Clase Mixta: Un 20% en número o en peso de tomates que no cumplan los requisitos de la clase I pero que se ajusten a los de la clase II. Para los tomates en racimo, un 15% en número o en peso de tomates separados del tallo.
- Clase II: Un 10% en número o en peso de tomates que no cumplan los requisitos mínimos, quedando excluidos los productos que presenten podredumbre, magulladuras pronunciadas u otras alteraciones. Para los tomates en racimo, un 10% en número o en peso de tomates separados del tallo.

La tolerancia de calibre es la siguiente:

- Clase extra y I: Un 10% en número o en peso de tomates que correspondan al calibre inmediatamente inferior al calibre especificado.
- Clase Mixta: Un 20% en número o en peso de tomates que correspondan al calibre inmediatamente inferior superior al calibre especificado.

El calibre se determina por el diámetro máximo de la sección ecuatorial. El calibre mínimo para todas las clases (excepto tomates “cereza”) es:

- Tomates redondos lisos y asurcados: Diámetro mínimo de 35 mm.
- Tomates oblongos: Diámetro mínimo de 30 mm.

Para tomates (exceptuando a los tomates en racimos) cuya clase sea Extra, I y Mixta, será obligatoria una escala de calibre:

- 30 mm a 34 mm (para tomates oblongos).
- 35 mm a 39 mm.
- 40 mm a 46 mm.
- 47 mm a 56 mm.
- 57 mm a 66 mm.
- 67 mm a 81 mm.
- 82 mm a 101 mm.
- 102 mm o más.

Además existen una serie de disposiciones relativas a la presentación y el marcado:

1. Homogeneidad: Cada bulto sólo podrá contener tomates del mismo origen, variedad o tipo comercial y calidad. Los tomates clasificados en las categorías Extra y I deberán ser prácticamente homogéneos en cuanto a su forma, grado de madurez y coloración. Además la longitud debe ser suficientemente uniforme para los tomates oblongos
2. Acondicionamiento: Los tomates deben acondicionarse de forma que se les asegure una protección conveniente. Los papeles empleados para el envase deben de ser nuevo y limpios. Queda prohibida la colocación de sellos o etiquetas sobre el fruto.

En cuanto al marcado, cada lote debe de llevar en el exterior las siguientes indicaciones:

- a) *Identificación*: Embalador y/o expedidor.
- b) *Naturaleza del producto*:
  - o Tomates y tipo comercial si el contenido no es visible desde el exterior.
  - o Nombre de la variedad (facultativo).
- c) *Origen del producto*: Países de origen y, en su caso, zona de producción o denominación nacional, regional o local.

- d) *Características comerciales:*
  - o Categoría.
  - o Calibre, expresado por los diámetros mínimo y máximo, en caso de calibrado.
- e) *Marca oficial del control (facultativo):* Características mínimas. Grado de madurez comercial.

#### **2.4 Fisiopatías en berenjena y tomate.**

Tanto la respiración como la fotosíntesis, los principales procesos ligados al metabolismo energético de la planta, se perturban por las temperaturas de refrigeración. Son muy numerosas las disfunciones celulares y las alteraciones fisiológicas y bioquímicas que induce el frío no congelante: generalmente estimula la tasa respiratoria y la emisión de etileno, reduce la fotosíntesis, interfiere la producción de energía, aumenta la permeabilidad de la membrana y altera la estructura celular.

El efecto de las bajas temperaturas no congelantes, se manifiesta de forma inmediata sobre la estructura y composición de las biomembranas vegetales, aumentando la microviscosidad de la matriz lipídica y la rigidez de las membranas, que adquieren una estructura gel cristalina y se redistribuyen las proteínas integradas que son expulsadas de las zonas lipídicas rígidas. También, se ha comprobado que la cutícula juega un papel en el desarrollo de la alteración.

Estos desordenes fisiológicos se denominan daños por frío (DF) y suceden tras una cierta permanencia de los productos a temperaturas entre -0,5°C y unos 15°C. Inicialmente se pensó que este fenómeno sucedía solo en los productos de origen tropical, pero también los productos de clima templado desarrollan estos desordenes fisiológicos cuando sufren estrés de temperaturas no congelantes. Es decir, la mayoría de los productos tropicales y subtropicales, numerosos productos mediterráneos y algunas especies de clima templado son sensibles a los daños por frío y se ha observado que las especies climatéricas son más proclives a sufrir este daño cuando tienen un metabolismo muy activo con elevada tasa respiratoria (Ben-Yehoshua et al., 2000).

Los frutos inmaduros o precoces son más sensibles al frío que los maduros o tardíos de la misma cosecha, con independencia de que sean climatéricos o no. La acción del frío moderado produce unos efectos directos y rápidos sobre las membranas, con la alteración de la célula, cuya gravedad depende de la intensidad y duración de la baja temperatura. Pero también puede tener una acción más gradual y duradera, que conduce a una alteración primaria e indirecta del metabolismo, e incluso provocar un desequilibrio hídrico, que da lugar a una alteración secundaria y puede tener consecuencias reparables, aunque dependerá de su estado fisiológico.

Los síntomas de los daños por frío tienen dos fases (Artés et al., 2003). La primera se prolonga desde algunas horas hasta algunos meses, aunque lo más frecuente es una duración de unas dos semanas. En esta fase inicial, las alteraciones son poco severas y no se manifiestan los síntomas, lo que se le denomina umbral de inducción o fase de latencia, y los productos pueden retornar a su estado normal, por simple calentamiento superior a la temperatura crítica. La segunda fase tiene lugar cuando, superado el umbral de inducción, aparecen los síntomas, su establecimiento es ya

irreversible y la aplicación de una elevación moderada de la temperatura solo contribuye a acelerar su desarrollo.

Los síntomas que se manifiestan en los frutos que tienen daños por frío son muy diversos, distinguiéndose dos categorías:

- 1- La primera consiste en anomalías del desarrollo y el metabolismo (como la maduración incompleta o insuficiencia de sabor y aroma).
- 2- La segunda categoría de daños por frío la forman enfermedades que presentan muy variadas manifestaciones: depresiones en la piel o picado (que afecta al 60% de las especies de frutas y hortalizas en zonas tropicales y subtropicales), descomposición de tejidos, pardeamientos internos o superficiales, infiltración de agua en los espacio intercelulares, desarrollo de textura algodonosa o harinosidad o lanosidad, pardeamiento de las membranas carpelares o membranosis, debilitamiento de la resistencia a daños mecánicos y al ataque microbiano y otras especificaciones de algunas frutas y hortalizas como la consistencia gelatinosa de la pulpa, el enrojecimiento o el ablandamiento.

La aparición de pardeamientos en los tejidos vegetales que sufren daños por frío, son consecuencia de desarreglos celulares producidos por la refrigeración, sin que ocurran daños mecánicos.

Ambos categorías de síntomas pueden coexistir y desarrollarse simultáneamente, lo que sucede con frecuencia en frutos tropicales y subtropicales.

Para el control de los daños por frío, todavía son insuficientes las investigaciones que relacionan los daños por frío con las modificaciones del metabolismo en la postrecolección. Los daños pueden reducirse bien aumentando la tolerancia de los productos o bien retrasando el desarrollo de los síntomas. Pero en general, no existen medios de lucha totalmente eficaces para evitarlos, excepto los que limitan el estrés hídrico y también los tratamientos que dificulten los flujos de gases de interés fisiológico a través de las membranas celulares, generando una atmósfera modificada en el interior del fruto.

La berenjena pertenece a una familia de plantas de origen tropical. Es un fruto no climatérico y bastante sensible al frío. Debido a un desequilibrio vegetativo por exceso de nitrógeno, falta de luz y exceso de humedad y temperaturas inferiores a las 11-12°C pueden presentarse problemas de malformación floral que conlleva a una insuficiente apertura estomática con una falta de transpiración y formación de materia seca e hidratos de carbono; que hace que los frutos sufran trastornos fisiológicos que rápidamente se manifiestan por la aparición de lesiones superficiales como picaduras (pitting) o pardeamiento de las semillas. También causa un daño en la membrana celular, afectando a la eficacia de las membranas como barreras a la difusión de los solutos.

En los productos hortofrutícolas que son procesados en fresco, no suelen observarse alteraciones debido a los daños por frío, dado que la duración de su vida comercial suele ser tan solo de una o dos semanas por lo que no es probable que se supere la fase de latencia de las enfermedades.

Consideraremos que los órganos vegetales son resistentes al frío cuando pueden almacenarse sin alteraciones a temperaturas próximas al punto de congelación,

moderadamente sensibles si se alteran entre 2 y 7°C, y muy sensibles, cuando no soportan temperaturas por debajo de 15 a 20°C.

Tabla 5: Daños causados por temperaturas de refrigeración a las frutas y hortalizas.

PRODUCTO	T° MINIMA INFERIOR (°C)	SÍNTOMAS MÁS FRECUENTES
Aceituna	5-7	Picado, pardeamiento (pard.) de la piel, susceptibilidad a podredumbres (suscep. podre.)
Aguacate	5-13	Pard. de piel y pulpa, suscep. podre.
Alcachofa	0-3	Pard. de las puntas y bordes de hojas
Albaricoque	0	Pard. De la pulpa junto al hueso
Arándano	2	Textura gomosa, enrojecimiento de la pulpa
Banana verde o madura	12-14	Coloración (color.) de la piel anómala: apagada, grisácea o parda, suscep. podre.
Batata / boniato	13	Pard. interno, picado, descomposición (desc.) interna, endurecimiento de la pulpa en la cocción
Berenjena	7-10	Escaldadura superficial, podredumbre ( <i>Alternaria</i> sp.)
Ciruela	0-1	Pulpa translúcida, consistencia gelatinosa de la pulpa
Calabaza/calabacín	10	Picado, desc. interna, suscep. podre.
Chirimoya	8-10	Pard. de piel y pulpa, desc. interna
Chayote	10-12	Picado, color. anómala, suscep. podre.
Espárrago	1-2	Color. anómala, ablandamiento de la punta
Gombo	7	Picado, color. anómala, infiltración acuosa
Guayaba	5-10	Picado, pard. de la piel, desc. interna
Granada	5	Picado, pard. de la piel, membranosis, suscep. podre.
Jicama	13-18	Ablandamiento, suscep. podre. y a deshidratación, pard. interno, infiltración acuosa
Judía verde	7-8	Picado y manchas pardo-rosáceas ("russetting")
Lima	7-10	Picado, pard. del flavedo
Limón	11-14	Picado, adustiosis, membranosis, oleocelosis, pard. del flavedo, peteca, necrosis peripeduncular, suscep. podre.
Mango	10-13	Escaldadura, pard., maduración incompleta (madur. incomp.)
Melón Honey Dew y Pintasapo	7-15	Picado, madur. incompleta, color. anómala, desc. interna, suscep. podre.
Melón Amarillo	15-17	Picado, madur. Incompleta, desc. interna, suscep. podre.
Melón Cantaloup	2-5	Picado, suscep. podre.
Melocotón y nectarina	2-7	Textura algodonosa, harinosidad, pard. y desc. interna, mal radiante, enrojecimiento de la pulpa, madur. incomp., vitescencia
Manzana (variedades europeas)	2-4	Escaldadura superficial o blanda, corazón rosáceo, pard. interno
Naranja y mandarina	3-9	Picado, escaldadura superficial, necrosis peripeduncular, pard. del flavedo, membranosis, desc. acuosa, suscep. podre.
Ocra o gumbo	7	Picado, color anómalo, infiltración acuosa, suscep. podre.
Patata	4-5	Color interno anómalo, ennegrecimiento y endulzado de la pulpa
Papaya	7	Picado, madur. incomp., desc. interna, sabor y aroma anómalos, suscep. podre.
Pepino	7-10	Picado, infiltración acuosa, ablandamiento, desc. interna, amarillamiento de la pulpa, suscep. podre.
Pimiento	7	Picado, pard. de la semilla, podredumbre ( <i>Alternaria</i> sp.)
Piña	7-10	Color apagado, sabor anómalo, suscep. podre.
Pomelo	10	Pard. del flavedo, picado, desc. acuosa, suscep. podre.
Sandía	5-10	Picado, sabor anómalo o amargo
Tamarillo	3-4	Picado, color. anómala
Tomate verde	13	Ablandamiento, infiltración acuosa, desc. interna

(Fuente: Hardenburg et al., 1990; Marcellin, 1992; Artés, 2001)

Es importante para reducir las pérdidas cualitativas y cuantitativas conocer la relación entre maduración, composición de la atmosfera y daños por frío, así como el desarrollo de los tratamientos físicos existentes.



El deterioro que puede sufrir el tomate, es debido principalmente a las plagas, enfermedades y fisiopatías (Jordá Gutierrez et al., 1998). En cuanto a las fisiopatías sus principales características van a ser:

- La ausencia de fruto: Puede deberse a falta de polinización, riego escaso o sequía.
- Floración prematura: Ocasional por cambios repentinos de temperatura, sequía o un sembrado en época incorrecta.
- Carencia o exceso de minerales en el suelo.
- Accidentes climatológicos: Heladas, granizadas, vientos, etc.
- Problemas del suelo: Encharcamientos, carencias de elementos nutritivos...

Cuando la concentración de los elementos del suelo alcanza niveles altos o bajos en la planta, aparecerán síntomas característicos en hojas, tallos o frutos. Los principales causantes de las diferentes fisiopatías en solanáceas, suelen ser:

- Cambios bruscos de humedad: Manchas secas en el envés de las hojas de color marrón de 4-5 centímetros.
- Estrés por falta de agua, cambios bruscos de temperatura, excesos de humedad.
- Lluvias excesivas: rajado de tomates.
- Riegos irregulares.
- Demasiados rayos solares.
- Carencia de fósforo, potasio o boro.

Los síntomas visuales de las fisiopatías muchas veces no son fáciles de reconocer, ya que pueden confundirse unas con otras, o bien deberse a una enfermedad o una plaga. En la observación de la sintomatología de una deficiencia es interesante saber si aparece primero en hojas jóvenes o viejas.

Una de las muchas fisiopatías que se dan en el cultivo de tomate es el bufado o tomates huecos. Los frutos afectados son de poco peso y de forma algo cuadrangular, y al ser abiertos muestran una zona hueca entre la pared y los tejidos portadores de la semilla, denominados lóculos.

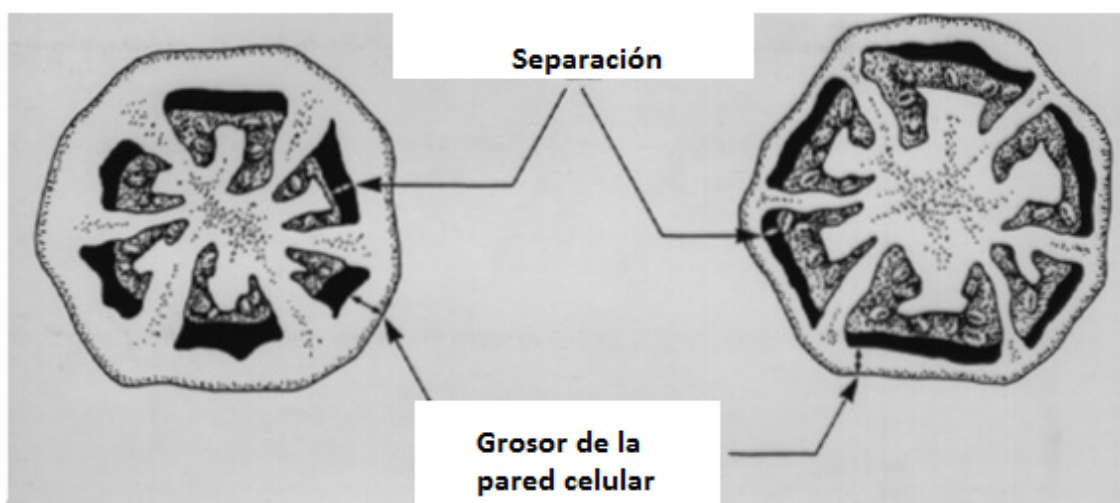


Figura 22: Bufado en tomate

Este desorden fisiológico es causado por factores ambientales y de nutrición, que



interfiere en la normal polinización, y afectan posteriormente al desarrollo de los tejidos que llevan las semillas. Las altas y bajas temperaturas, la humedad del suelo, y el exceso de fertilización nitrogenada se han señalado, sin demasiada precisión, como alguno de los factores causantes del desorden. Igualmente puede ser debido a falta de luminosidad o al mal uso o exceso en los tratamientos con fitohormonas. La sensibilidad varietal también juega un importante papel.

Se corrige mejorando la iluminación, con una fertirrigación equilibrada y la utilización de abejorros.

### ***2.5 Medida de fisiopatías. Empleo del análisis de imágenes en estudios de calidad de fruto.***

La medida del daño por frío en la berenjena o en cualquier otra fruta u hortaliza se puede calcular de forma objetiva, utilizando una escala de valores del daño; la cual relacionaremos con la cantidad de frutos con pitting y con la cantidad de frutos sanos. De donde podremos obtener el índice de daño por frío (IDF).

En el caso de las berenjenas, la salida de electrolitos se considera, generalmente, una medida indirecta para conocer el grado de daño por frío (Concellon et al., 2005). Factores como la refrigeración van a actuar sobre el etileno, el cual es una hormona vegetal que participa en diferentes procesos fisiológicos que regulan el crecimiento, el desarrollo y la senescencia de la planta.

El efecto del almacenamiento en frío sobre la biosíntesis del etileno ha sido estudiado en frutos climatéricos (como el tomate) y sensibles al daño por frío.

Se sabe que la refrigeración puede estimular, inhibir o modificar la producción de etileno, dependiendo de la especie, el cultivar, etapa de desarrollo y el periodo de tratamiento del frío.

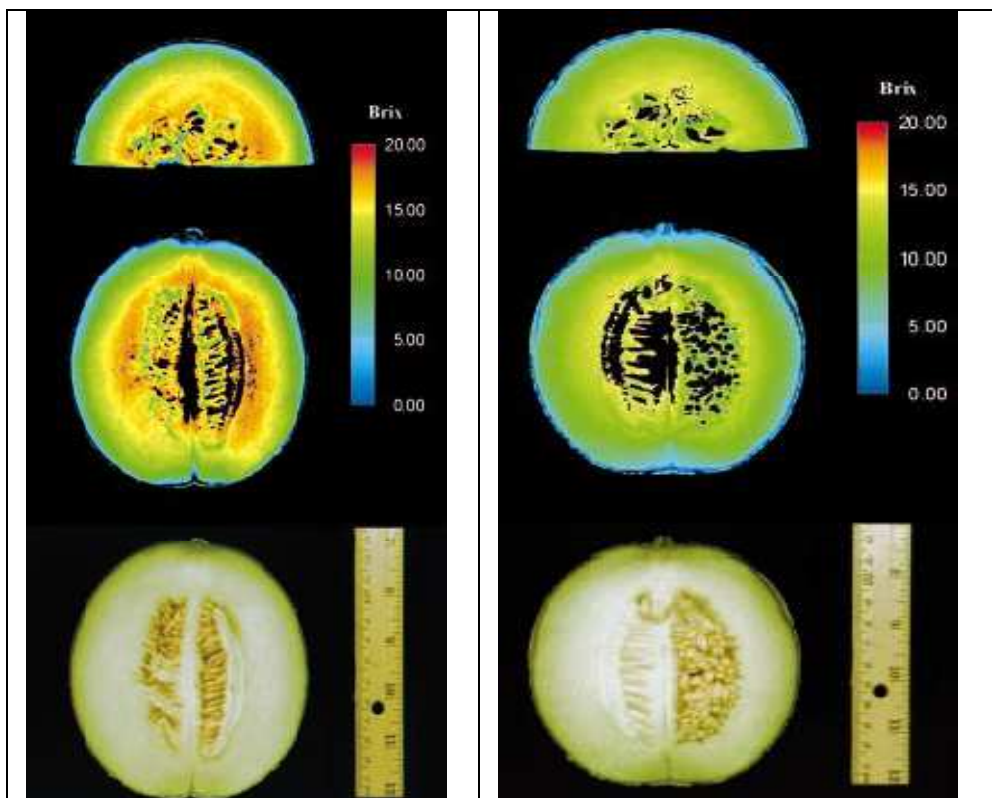
En la berenjena, el cuál es un fruto no climatérico, se conoce la evolución que tiene el etileno a bajas temperaturas de almacenamiento. A medida que vamos sometiendo a las berenjenas a más días en frío y con una temperatura inferior de 10°C, van a aparecer más síntomas característicos de los daños por frío, citado anteriormente como decoloración en la superficie, picado, pardeamiento de las semillas, quemaduras superficiales y pardeamiento de la pulpa.

Otra forma cualitativa de medir el daño en berenjenas se puede realizar mediante la observación de la variación del color de la pulpa. El parámetro L\* indica la luminosidad de color (0 = Negro y 100 = Blanco). Al inducirle el frío a las berenjenas, se observa un pardeamiento u oscurecimiento de las semillas y de la pulpa. A medida que pasa el tiempo, va disminuyendo la luminosidad.

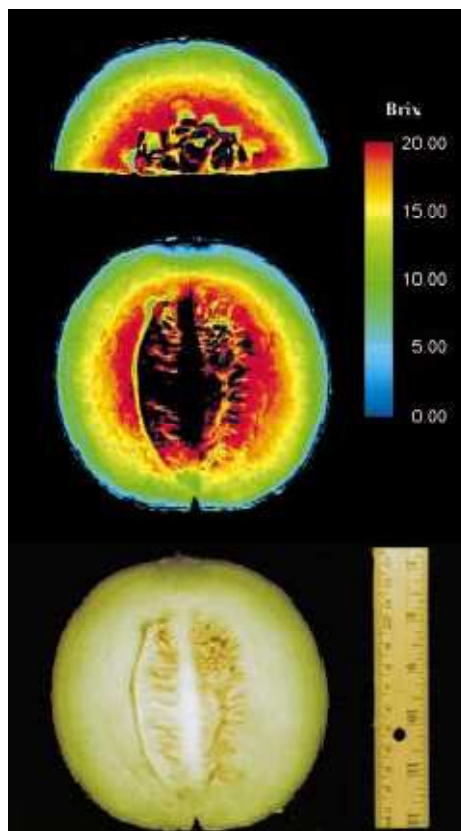
En líneas generales la tecnología de análisis de imágenes en estudios de fisiología de la poscosecha está enfocada fundamentalmente a determinar la calidad de los frutos de manera no destructiva. Uno de los más utilizados es el near infrared analysis. Clásico es el estudio realizado en Japón por Sugiyama en 1999, donde realiza una visualización de la pulpa de melón y relaciona la imagen con el contenido en sólidos solubles.

La razón de este estudio se encuentra en que el empleo de autómatas capaces de determinar el dulzor de peras, manzanas y melones basado en la espectroscopia cercana al infrarrojo (near- infrared spectroscopy) está muy desarrollada y ya es habitual en las centrales frutícolas, de hecho se estima que más de 1000 centrales hortofrutícolas usaban esta tecnología desde principios de los 90.

Sin embargo presenta un problema y es que al realizar el autómata la selección de la parte del fruto puede encontrar una zona del fruto particularmente insípida debido a la desigual distribución de los azúcares. Por tanto la visualización del contenido de azúcar en el mesocarpo del fruto puede considerarse muy útil, no sólo para la evaluación de la calidad del fruto sino también para estudios de fisiología y análisis de madurez. Sugiyama (1999) presentó un método en el que correlaciona la imagen obtenida con una cámara CCD, y los datos del análisis espectroscópico, obteniendo imágenes de la distribución de los azúcares en el mesocarpo de melón. Tras aplicar una técnica algo compleja, obtuvo los mapas de distribución de azúcares que se muestran en la tabla siguiente, donde puede distinguirse un melón inmaduro (derecha) de uno maduro (izquierda) por un mayor contenido de azúcares, que se refleja en un mayor contenido en sólidos solubles.



La técnica es capaz de distinguir hasta frutos completamente maduros como se muestra en la siguiente fotografía.



Donde la presencia de zonas de color rojo indica perfectamente un mayor contenido en sólidos solubles. Por otra parte se observa cómo la imagen recoge perfectamente cómo la mayor presencia de azúcares se centra en la zona placentaria, debido a la presencia de las semillas y su efecto sobre la calidad y maduración de los frutos tipo pepónides.

La técnica de la espectroscopía cercana del infrarrojo también se ha empleado para analizar de manera no destructiva diferentes parámetros de calidad en frutos de tomate. NIR es una técnica que permite realizar el análisis cuantitativo de diferentes características físico-químicas (Chen et al., 2006; Clement, et al., 2008; Shao et al., 2007). Y a pesar de la aparente importancia técnica y de mercado no hay mucha información sobre métodos de determinación rápidos y no destructivos en tomate, fundamentalmente se han empleado estas técnicas en frutos con un mayor contenido de azúcares, como manzana, mango, melón. Menos aún se ha empleado el NIR para analizar diferentes parámetros simultáneamente. Clement et al., 2008, emplearon esta técnica para caracterizar el contenido en licopeno y otras características fisicoquímicas en tomate. Clement et al (2008) concluyen que el método es rápido no destructivo y que es posible usarlo en la determinación de la calidad en frutos de tomate intactos, pero que no todas las variables determinadas presentaron la misma precisión en su determinación. Las variables de color fueron medidas con exactitud, al igual que el contenido en licopeno, siendo éste un resultado muy interesante teniendo en cuenta que la cuantificación de este carotenoide requiere de una laboriosa extracción en laboratorio. Del mismo modo la cuantificación de otros pigmentos es prometedora utilizando la técnica NIR. La determinación de la firmeza mediante esta técnica resultó menos precisa, ya que distinguió entre frutos o muy blandos o muy firmes. Estos autores, consideran que hay alternativas para poder determinar otros parámetros de calidad como acidez valorable o conductividad eléctrica.

Cada vez se está adoptando más la tecnología en las industrias para conocer la evolución del tamaño, peso, color y manchas de los frutos; también se está estudiando la calidad con nuevos métodos que consisten en medir el contenido de sólidos solubles, peso seco o la firmeza. Los obstáculos para adoptar esta tecnología se centran, principalmente, en la espectroscopía infrarroja.

En el artículo de Walsh, 2005; se habla de la evolución de las tecnologías que permiten la clasificación de frutas, teniendo en cuenta otros parámetros como el transporte, los mecanismos de lavado de frutas, los mecanismos de empaquetado, entre otros.

En un principio, la fruta solo era examinada y clasificada por sus características externas. Esto sigue siendo así, por ejemplo a partir de dispositivos que clasificarán la fruta por su diámetro o por su peso.

La utilización de recursos informáticos permitió la adaptación de sistemas de visión de colores a partir de 1980. Estos sistemas de visión permitieron clasificar según la forma y el color. La combinación de estos dos parámetros anteriores, permitieron el cálculo de la densidad de fruto. En 1990, se desarrollaron sistemas automáticos de detección de manchas.

A partir del cambio de siglo, las tecnologías relacionadas con la clasificación de los atributos de la calidad interna de la fruta comenzaron a estar disponibles comercialmente. Las primeras adaptaciones de estas tecnologías fueron la espectroscopia infrarroja, la evaluación de azúcar de la fruta (% SST) o hidratos de carbono total (% de materia seca). Diferentes configuraciones ópticas (transmisión, interactancia, reflectancia) se han adoptado comercialmente.

Las empresas de comercialización han evolucionado para utilizar los avances en electrónica, en términos de informática, visión artificial, sensores infrarrojos, etc.

Una amplia gama de tecnologías no invasivas (rayos X, ultrasonidos, resonancia magnética, etc) se utilizan en la industria médica, y se espera que con el tiempo también pudieran tener aplicación en la clasificación de la fruta (por ejemplo, para la detección de huecos o tamaño de las semillas). La resonancia magnética también es muy prometedora, pero en un plazo de tiempo más largo.

Otras tendencias utilizadas son la miniaturización, lo que permite tecnologías como la NIRS; cuya aplicación en el campo cada vez se ve más extendida. La NIR, puede utilizarse en aplicaciones relacionadas con la determinación de la calidad del fruto.

En las técnicas no invasivas, la clasificación de la fruta relacionada con la calidad interna (como el contenido de hidratos de carbono) ha estado disponible durante más de una década. Sin embargo, la absorción por la industria de estos sistemas ha sido pobre, fuera de Japón. En los países occidentales, menos del 1% de las líneas de empaquetado estaría equipado con la tecnología NIRS, mientras que en Japón el mercado se podría considerar saturados. Las limitaciones a la utilización de la tecnología NIR en el fruto en la industria en los países occidentales puede considerarse el resultado de tres factores: limitaciones técnicas, resistencia de productores y limitaciones de la cadena de suministro. Toda tecnología tiene sus limitaciones.

NIRS es una técnica óptica, cuya precisión es limitada por la no homogeneidad de la fruta, la presencia de capas de tejido no comestible en el camino óptico (por ejemplo, piel) y por la naturaleza de los espectros superpuestos de la región espectral NIRS. Normalmente, la precisión se encuentra alrededor de 0,5% y 1,0% de TSS.

La utilidad de una técnica con este tipo de error puede ser considerada adecuada con la técnica de referencia, la técnica de muestreo y la variación en la cualidad dentro y

entre las muestras. Un refractómetro es generalmente utilizado para evaluar jugo de fruta con un error entre el  $\pm 0,2\%$  de TSS. Esta variación tiene consecuencias con la tecnología NIR. Para estimar la TSS promedio de la fruta entera, puede ser necesario el uso de dos o más detectores, al girar la fruta entre los detectores. Por supuesto, esto aumentará el costo del análisis. También se produce variación entre la fruta, lo que refleja la variación en la madurez de la fruta y en las condiciones de crecimiento para cada pieza de fruta.

Para reducir el error de clasificación, el punto de control de calidad puede ser mayor que la media de la población que se aproxima a la norma de corte. Además, la técnica NIRS se basa en un método estadístico multivariado para desentrañar la relación entre la absorción espectral en las regiones de las NIR y el atributo de interés.

Otro obstáculo en el uso de la NIR es el efecto que tiene sobre el productor o empacador. La tecnología puede ser considerada como perjudicial, ya que requiere una cierta energía de radiación que se suministra para permitir la medición. En esencia, este es un método útil para menos frutas, con menos hidratos de carbono, o menos fruta con más hidratos de carbono. Normalmente hay un equilibrio entre el rendimiento y la calidad. Así, de nuevo, la adopción de la tecnología es perjudicial para una serie de prácticas normales. En la actualidad la tecnología NIRS está disponible para su uso en las centrales hortofrutícolas pero para el productor es demasiado tarde. Cierta enfrentamiento entre elementos de la cadena de suministro en los países occidentales con respecto a la tecnología Packers son reticentes a adoptar una tecnología que sólo puede aumentar los costos de producción.

La adopción de la tecnología NIRS por la industria de la fruta es, pues, un interesante caso de estudio en un punto de desarrollo. La tecnología está lo suficientemente desarrollado, y ofrece un número suficiente de fabricantes, como para superar las limitaciones técnicas. Es probable que la adopción de esta tecnología sea rápida una vez que los consumidores sean capaces de reconocer frutos de calidad superior.

Es conveniente, por último, fijar como primer paso normas de control de calidad relacionadas con la alimentación de calidad que pueden ser evaluadas por las nuevas tecnologías. La calidad de la fruta de mesa se puede correlacionar con una serie de variables, incluyendo el contenido de azúcar, acidez, contenido de materia seca, jugosidad, textura, firmeza y contenido de compuestos volátiles. La importancia de las distintas cualidades es diferente entre los distintos tipos de frutas. De estas cualidades, los hidratos de carbono (almidón, azúcares solubles) es una medida útil de la calidad en la maduración del fruto, mientras que los otros factores se desarrollan durante la maduración.

El logro de estas normas ha supuesto tradicionalmente ensayos no destructivos de una proporción relativamente pequeña de la fruta cosechada, y, como tal, estas normas han sido generalmente mal implementadas. Nuevas tecnologías no invasivas, permite la evaluación de cada elemento de la fruta para la adaptación a las normas de calidad.

WinDIAS es un analizador de imágenes desarrollado por Delta-T Devices específicamente diseñado para el análisis de hojas. Inicialmente fue desarrollado para la comparación entre hojas de plantas enfermas y hojas sanas, pero su desarrollo ha incluidos diferentes aspectos de fisiología vegetal, como determinación del área foliar, longitud y anchura de hoja, perímetro, etc. Diseñado especialmente para aplicaciones que requieran una alta discriminación del color, permite el análisis y conteo de

objetos, manchas, o clorosis foliares. Es especialmente útil para evaluar la distribución y patrones de color, permitiendo evaluar el daño y la extensión de una determinada fisiopatía o enfermedad, al igual permite relacionar el total de la superficie foliar con la extensión de un determinado daño o clorosis. Su uso hasta ahora se ha limitado a hojas y no hemos encontrado bibliografía ni dato que indique su empleo en frutos, por lo que consideramos que este trabajo, amplía un poco más las utilidades de este software así como su utilidad para evaluar fisiopatías en frutos que hasta ahora se han realizado de manera subjetiva, aportando un punto objetivo en la determinación de las mismas.



# **3. MATERIAL Y MÉTODOS**

En el presente trabajo se han realizado los experimentos que se detallan a continuación.

**3.1 Experiencia I:** Esta experiencia se llevo a cabo desde el 8 de Marzo hasta el 6 de Abril de 2011.

Se han empleado frutos de berenjena de la variedad Thelma, que se caracteriza por ser una berenjena oval negra de planta vigorosa, porte bajo y con un buen comportamiento frente a Botrytis. Fruto oval, muy negro y brillante durante todo el ciclo, con muy buena consistencia.

#### 3.1.1 Ensayo:

20 frutos fueron conservados durante 30 días a una temperatura de 8°C y una humedad relativa del 90% para ser analizados transcurrido este periodo de tiempo.

#### 3.1.2 Análisis:

La calidad inicial de los frutos fue determinada analizando el peso y la firmeza mediante un durómetro Durofel DFT 100.

El protocolo utilizado se ajustó al empleado por Barreiro y Ruiz-Altisent (1996).

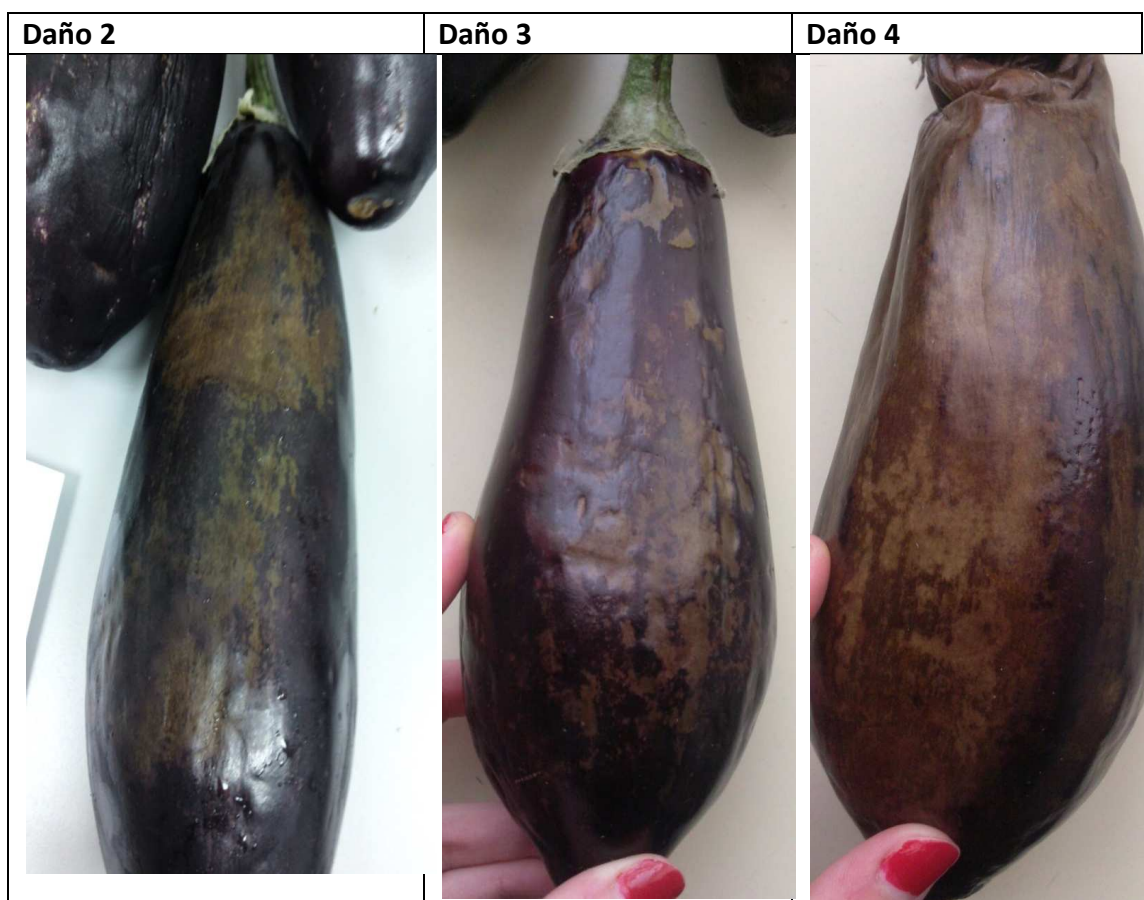
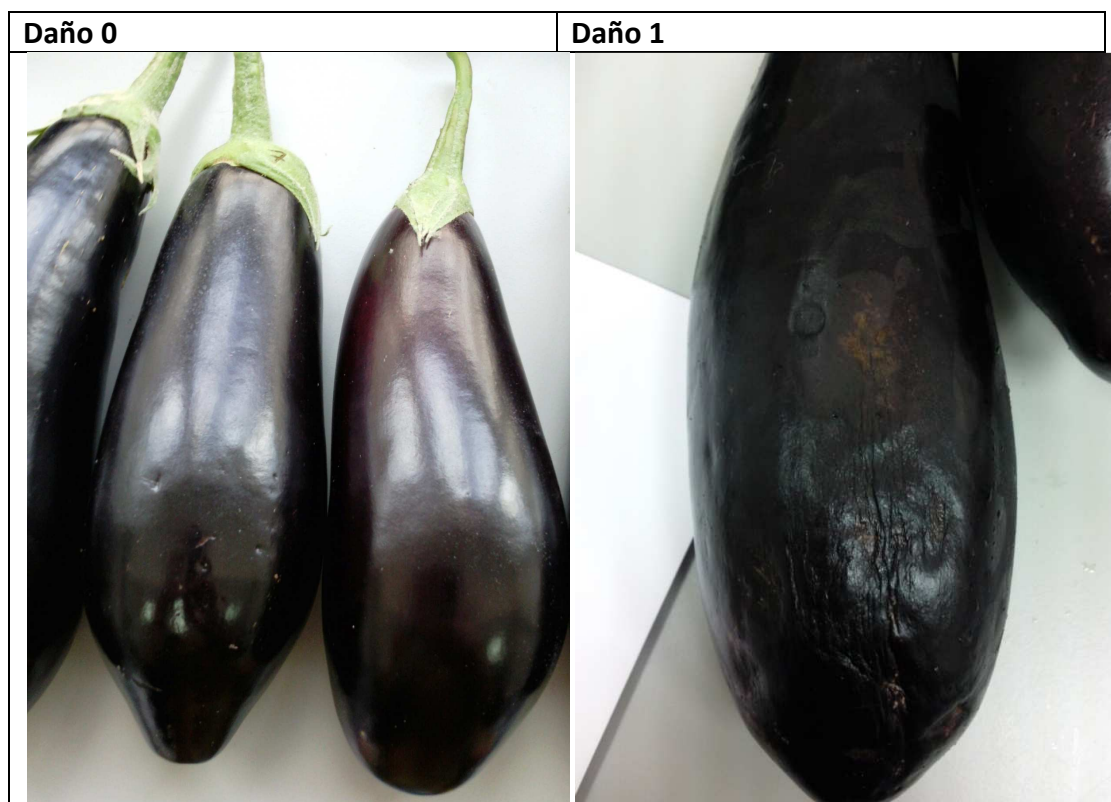
Estos análisis se realizaron semanalmente.

#### 3.1.3 Daños por frío:

- Evaluación subjetiva: El daño por frío fue evaluado utilizando una escala subjetiva de los daños visuales, tal y como describieron Martínez-Téllez et al. (2002). Los frutos fueron clasificados de acuerdo a la siguiente escala:

- 0: Sin pitting (sin daño).
- 1: Daño ligero, que afecta a menos del 10%.
- 2: Daño moderado, que afecta al 10-15%.
- 3: Daño grave, que afecta al 15-15%.
- 4: Daño muy grave, que afecta a más del 25%.

Estas determinaciones se realizarán semanalmente.



- Evaluación objetiva: Transcurridos 30 días de conservación, cada fruto fue pelado y las tiras de piel escaneadas y evaluada la superficie afectada y superficie total con el analizador de imágenes WinDIAS.



Así podremos obtener una medida cualitativa del daño por frío semanalmente y una medida cuantitativa del daño a las 4 semanas.

**3.2 Experiencia II:** Esta experiencia se llevo a cabo desde el 12 de Abril hasta el 10 de Mayo de 2011.

Se han empleado frutos de berenjena de la variedad Erica, esta es una variedad muy reciente que va a sustituir a la variedad Cristal, ya que tiene un porte más abierto, con mayor productividad un mejor comportamiento frente al frío.

### 3.2.1 Ensayo:

Los frutos fueron conservados durante 30 días a una temperatura de 8°C y una humedad relativa del 90%. Transcurridos 14 días un lote representativo, se analizó para comprobar la evolución de los parámetros de calidad y del daño por frío. Estos parámetros fueron determinados como se ha explicado en el apartado 3.1.3 de la experiencia realizada con la variedad Thelma. Este mismo procedimiento se siguió tras tres y cuatro semanas de conservación.

Así podremos obtener una medida cualitativa y una medida cuantitativa del daño por frío semanalmente.

### 3.2.2 Análisis:

Estos frutos fueron analizadas para determinar la calidad inicial tal y como se ha explicado en la experiencia anterior, apartado 3.1.2.



*Figura 23: Peso*

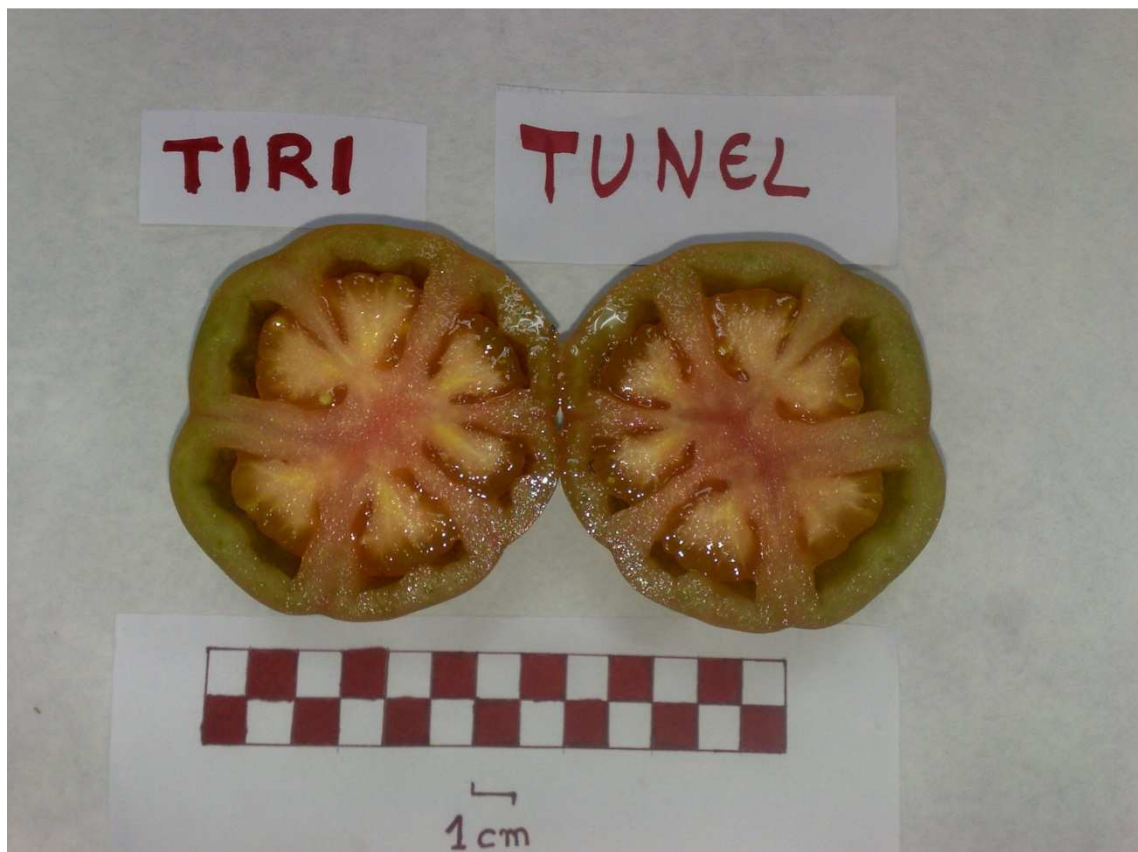


*Figura 24: Durómetro Durofel DFT 100*



### 3.3 Experiencia III:

Frutos de tomate Raf procedentes de otra investigación, realizada en las instalaciones de la Escuela Superior de Ingeniería, en la que aparece la fisiopatía conocida como el bufado, fueron evaluados con el analizador de imágenes WinDIAS. Para ello, primero los frutos fueron cortados en su mitad transversal y posteriormente, fotografiados perpendicularmente con una cámara digital. El archivo de imagen obtenido fue analizado con WinDIAS para obtener el área del corte del fruto, el área locular y el área de bufado.



Paralelamente los frutos fueron evaluados subjetivamente con la siguiente escala de valores de bufado:

- 0: Ausencia.
- 1: Presencia muy leve.
- 2: Presencia leve.
- 3: presencia media.
- 4: Presencia grave.
- 5: presencia muy grave.

El funcionamiento y descripción del analizador de imágenes WinDIAS, se encuentra en el anejo 1.



# **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Un método eficaz de conservación de frutas y verduras es el almacenamiento en frío, sin embargo muchos productos sufren el denominado síndrome de daños por frío cuando son conservados a temperaturas por debajo del óptimo de cada producto. Este síndrome se caracteriza por diversos desórdenes fisiológicos entre los que cabe destacar defectos de maduración y coloración, daños en la epidermis caracterizado por depresiones más o menos profundas y extensas que se conocen con el nombre de “pitting” o picado, pardeamiento de la pulpa o de las semillas, entre otros.

La evaluación de los daños por frío suele determinarse de manera subjetiva, estableciendo una escala de daño que, dependiendo de la estimación visual del daño, asigna un valor numérico creciente a medida que se aprecia un daño mayor. Resulta evidente las limitaciones que este método presenta pero es el más utilizado así se ha empleado en estudios de daños por frío en berenjenas (Concellon et al, 2007) o en estudios en frutos de melón (Gil,2007; Valenzuela et al, 2011; García-Sahagún et al., 2005; Román, 2009) o en frutos de pimiento (Cantón, 2007).

En todos estos estudios la evaluación del daño por frío se ha realizado de manera subjetiva por lo que la determinación del daño se ha sometido a la propia experiencia de la persona que realiza el ensayo.

Al igual que ocurre con el daño por frío la evaluación de otras fisiopatías pasa por el carácter subjetivo. Así ocurre con el bufado en tomate que es una fisiopatía caracterizada por la falta de llenado de los lóculos del fruto (Olson, 2009).

En todos estos casos la evolución de la fisiopatía se realiza de manera subjetiva. En este trabajo se pretende evaluar las fisiopatías, daño por frío y bufado, mediante el análisis de imágenes para eliminar el componente de subjetividad que conlleva la determinación tradicional. Para ello se han empleado dos variedades de berenjenas sometidas a frigoconservación y frutos de tomate en los que habría presencia de bufado.

#### ***4.1 Homogeneidad de las poblaciones de frutos.***

Hemos estudiado dos cultivares diferentes, Erica y Thelma, y la experiencia se ha diseñado sometiendo a las mismas condiciones de refrigeración a todos los frutos. Dado que en los estudios de daño por frío la pérdida de agua por transpiración tiene una importancia alta y que además es un factor crítico en la determinación de la calidad del fruto de berenjena, se ha creído interesante comprobar la homogeneidad de las poblaciones de los frutos ya que la forma y el tamaño del fruto influye en la pérdida de agua por transpiración (Manrique, 2000).

Los datos a continuación nos muestran la homogeneidad de las muestras Thelma y Erica empleadas. Se ha realizado una comparación de medias para los parámetros peso y superficie total. En ningún caso aparecieron diferencias estadísticas entre ambas poblaciones. El test realizado asume que la varianza entre las poblaciones son iguales y así se ha comprobado.

Por tanto, podemos indicar que las poblaciones de frutos empleadas en este ensayo, fueron homogéneas y que las diferencias que han aparecido entre estas poblaciones no son debidas a diferencias en el tamaño de las frutas.

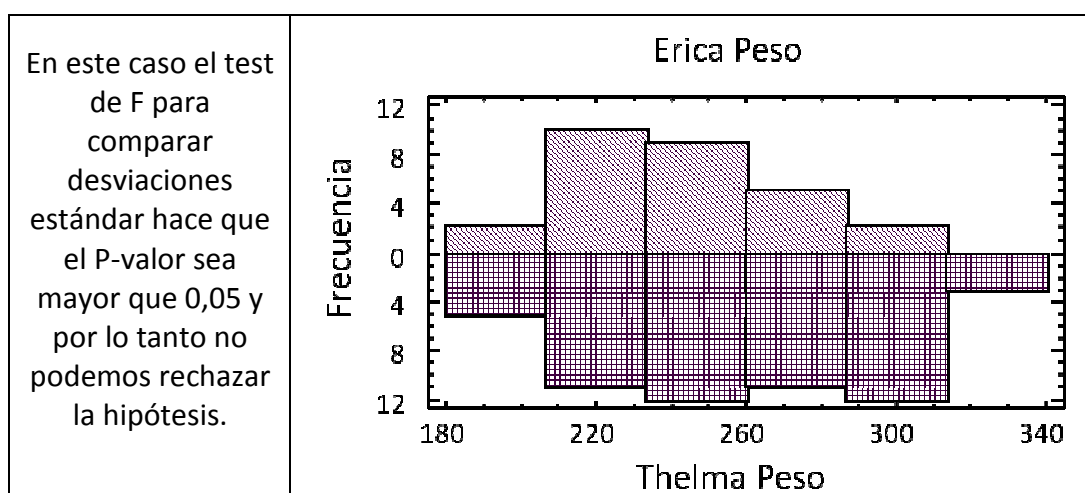
##### **✓ Comparación de medias:**

Intervalo de confianza al 95% para el peso de Erica:  $242,794 \pm 10,8463$ .

Intervalo de confianza al 95% para el peso de Thelma:  $257,751 \pm 10,1748$ .  
Intervalo de confianza al 95% para las diferencias entre ambas, asumiendo una  
varianza:  $-14,9573 \pm 15,9514$ .  
Test t para comparar medias, hipótesis media 1= media 2.  
 $t = -1,86605$  P-valor= 0,0656995  
Como el P valor es menor que 0,05 no puede rechazarse la hipótesis, y por  
tanto las medias son iguales.

✓ Comparación de las desviaciones estándar:

Intervalo de confianza al 95%  
Desviación estándar del peso de Erica: 22,1149;38,0731.  
Desviación estándar del peso de Thelma: 31,3363;46,0194.  
Ratio de varianzas: 0,299752;1,13736.  
Test F para comparar desviaciones estándar.  
Hipótesis nula:  $\sigma_1 = \sigma_2$ .  
 $F = 0,563046$  P-valor=0,107462.



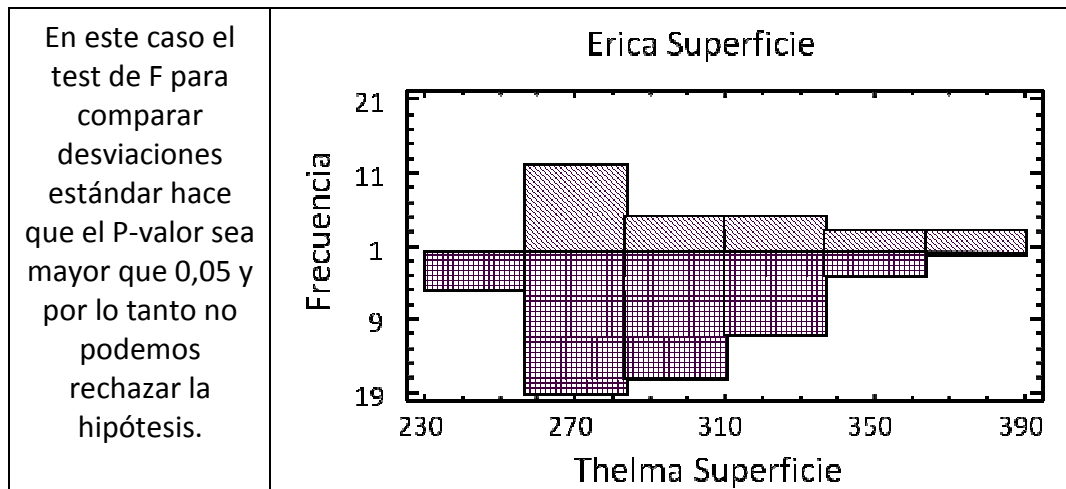
✓ Comparación de medias:

Intervalo de confianza al 95% para la superficie de Erica:  $310,368 \pm 13,7224$ .  
Intervalo de confianza al 95% para la superficie de Thelma:  $289,486 \pm 7,16753$ .  
Intervalo de confianza al 95% para las diferencias entre ambas, asumiendo una  
varianza:  $20,8817 \pm 13,75$ .  
Test t para comparar medias, hipótesis media 1= media 2.  
 $t = 3,02169$  P-valor= 0,00336383  
Como el P valor es menor que 0,05 no puede rechazarse la hipótesis, y por  
tanto las medias son iguales.

✓ Comparación de las desviaciones estándar:

Intervalo de confianza al 95%  
Desviación estándar de la superficie de Erica: 27,979;48,1689.  
Desviación estándar de la superficie de Thelma: 22,3205;32,66.  
Ratio de varianzas: 0,951143;3,5937.  
Test F para comparar desviaciones estándar.

Hipótesis nula:  $\sigma_1 = \sigma_2$ .  
 $F = 1,78159$   $P\text{-valor} = 0,0712916$ .



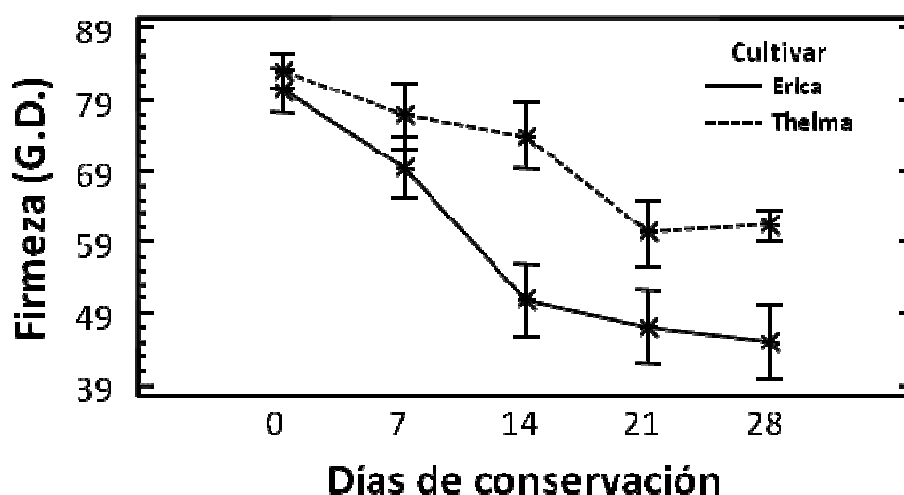
#### **4.2 Calidad y evolución de parámetros de calidad en los frutos de dos cultivares de berenjenas.**

En nuestro estudio hemos utilizado las variedades de berenjena sometidas a frigoconversación (8°C) y se determinan una serie de parámetros de calidad como firmeza de la pulpa, pérdida de peso y color. Se evaluó el daño por frío tanto de manera subjetiva como mediante el empleo del software WinDIAS.

##### **4.2.1 Firmeza del fruto.**

La gráfica 1 nos muestra la evolución de la firmeza de los frutos de las variedades Thelma y Erica. Al inicio de la experiencia ambos cultivares presentaron unos índices de firmeza elevados y aceptables y bien diferenciados entre ambos cultivares. Con un valor mayor a 80, se consideran frutos firmes.

Gráfico 1.-Evolución de la firmeza\* durante la frigoconservación a 8°C de las variedades Thelma y Erica.



Mínima significación estadística al 0,5%

\*Expresada en grados Durofel

La evolución de la firmeza es diferente en ambos cultivares (Gráfico 1), como es lógico descendió a media que el tiempo de conservación aumentó, aunque fue la variedad Thelma la que presentó una mayor firmeza durante todo el tiempo que duró la experiencia. En este cultivar la pérdida de firmeza fue lenta y paulatina, en cambio en el cultivar Erica se observó un fuerte descenso de la firmeza tras dos semanas de conservación.

La gráfica indica que en Erica a los 14 días se registró un valor de aproximadamente 50 grados Durofel, frente a aproximadamente 75 en Thelma. Al final de la experiencia la firmeza en Erica fue de alrededor de 45, mientras que Thelma registró valores cercanos a 65. Las indicaciones técnicas del durómetro Durofel indican que valores por debajo de 60 son considerados como muy blandos, por tanto podemos decir que se ha encontrado una diferente evolución de la firmeza en estos dos cultivares, que en el caso de Erica a los catorce días ya pueden considerarse como frutos blandos y pocos o nada comerciales. Estos resultados están de acuerdo con los encontrados por Gajewski en 2009 donde también encontraron diferencias entre cultivares en cuanto a la firmeza y a su evolución durante el almacenamiento en frío.

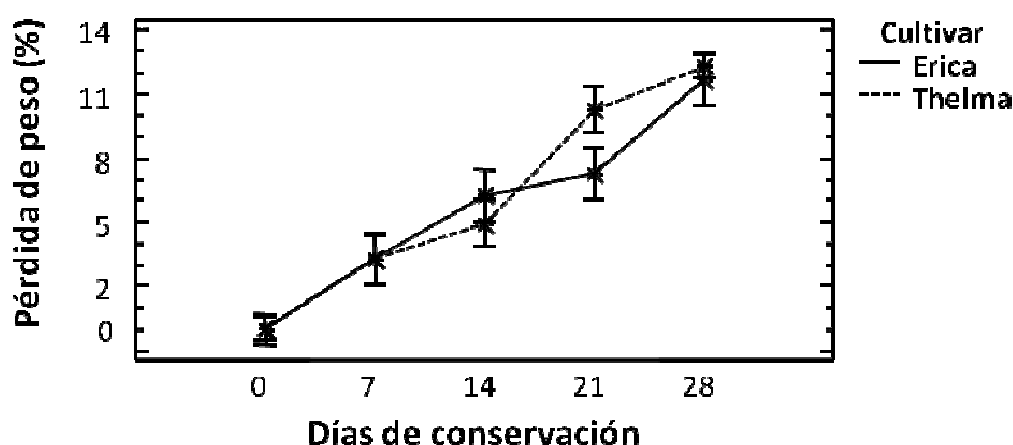
Gajewski y Arasimowicz en 2004 encontraron también diferencias de firmeza en tres cultivares, aunque en este caso la evolución fue determinada mediante un panel de cata y por tanto de manera subjetiva.

Resulta interesante comprobar que ambos cultivares presentaron una firmeza inicial muy buena y que al menos durante la primera semana de conservación no se presentaron diferencias significativas entre ellas, para este parámetro. Sin embargo, es a partir de la segunda semana cuando aparecen las diferencias entre Erica y Thelma. Podemos concretar que la firmeza de Thelma es muy buena tras 14 días de conservación y al menos aceptable tras 21 días.

#### 4.2.2 Pérdida de peso.

El gráfico 2 muestra la pérdida de peso que se produjo durante la conservación a 8°C en los dos cultivares estudiados. Como puede observarse la pérdida de peso fue progresiva y acusada pero no se encontraron diferencias significativas apreciables entre estos ambos cultivares. Solo a los 21 días hubo una mayor pérdida en Thelma que en Erica (aproximadamente un 2% mayor).

Gráfico 2.-Evolución de la pérdida de peso durante la frigoconservación a 8°C de las variedades Thelma y Erica.



Mínima significación estadística al 0,5%

La pérdida de peso conlleva en berenjena una pérdida de calidad apreciable ya que el fruto pierde brillo, tersura y firmeza. Nuestros resultados indican que ambos cultivares presentaron una similar pérdida de agua por transpiración pero en cambio no presentaron la misma evolución de la firmeza y podría concluirse que no hay una relación entre la pérdida de agua y la pérdida de firmeza o al menos que hay una componente varietal que influye de manera determinante más en la firmeza que la propia deshidratación del fruto. En cualquier caso las diferencias en firmeza podrán deberse al diferente contenido en agua de los frutos ya que fueron conseguidos en alhóndigas y procedentes de diferentes invernaderos y como se señala en algunos artículos hay diferencias en parámetros de calidad en función del origen y de las técnicas de cultivo (Sifola et al., 1995).

Del mismo modo diferencias en el modo de cultivo o en el medio de crecimiento marcan diferencias de calidad en los frutos de berenjenas. Así Gajewski et al. (2009) encontraron diferencias de calidad en frutos de berenjenas relacionadas con el medio de cultivo utilizado así como diferencias debidas al cultivar.

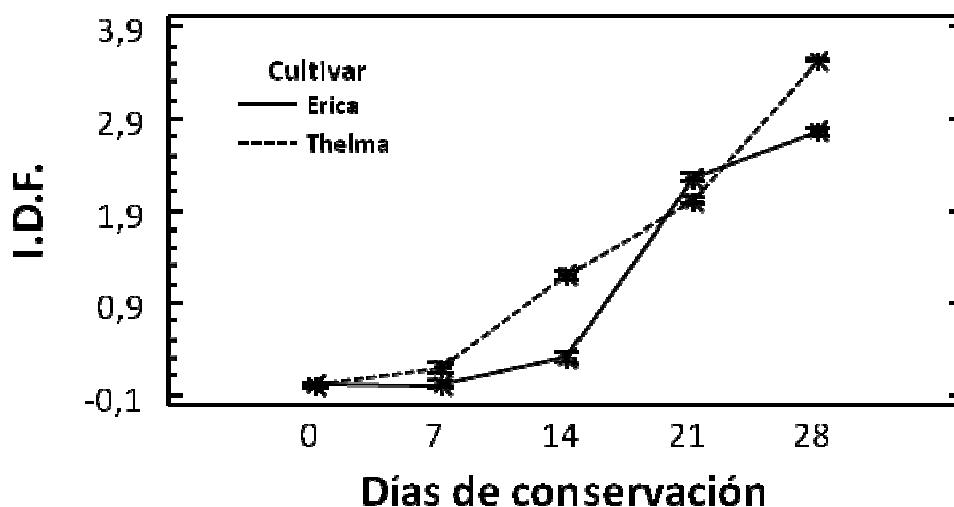
Por tanto consideramos que la diferencia en la firmeza, que presentan ambos cultivares, a pesar de mostrar una similar pérdida de agua pueden deberse a causas varietales y culturales.



#### 4.2.3 Daños por frío.

La gráfica 3 nos muestra la evolución del índice de daño por frío (IDF) en ambos cultivares. Como puede observarse durante la primera semana de conservación ambos cultivares presentaron un IDF similar, y a partir de los 14 días de conservación fue cuando comenzó a marcarse las diferencias; y así Thelma presenta mayores daños que Erica. Si bien este último cultivar incrementó en mucho la sintomatología entre los 14 y 21 días.

Gráfico 3.-Evolución del IDF durante la frigoconservación a 8°C de las variedades Thelma y Erica.

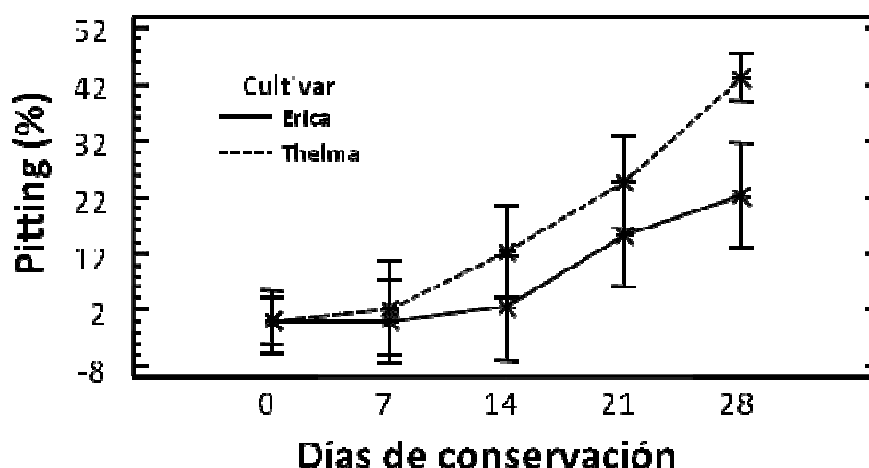


Los resultados están conformes a los encontrados por otros autores (Concellon et al., 2007) donde el incremento del IDF fue paulatino y lento y muy regular en cada muestra, si bien hay que indicar en este trabajo la temperatura de conservación fue muy baja (0°C) y el índice llegó a 5, máximo de la escala, a las 15 días de conservación. En nuestro estudio no se alcanzó dicho máximo de escala, debido fundamentalmente a que la temperatura de conservación fue superior; sin olvidar que en el trabajo de Concellon et al 2007 se empleó un cultivar distinto Money Market nº 2. Estos autores consideran que con un IDF igual a 3, los frutos pierden su calidad comercial. En nuestro caso este punto de pérdida de la calidad comercial solo se alcanzó pasada tres semanas de conservación, si aplicamos la misma norma que en el trabajo de Concellon et al (2007), pero creemos que en nuestro caso debido al aspecto presentado por los frutos, el valor de IDF que hace no comercial a los frutos se situará rondando el 2, situación que aparece a los 21 días de conservación, por lo que a los 14 días de conservación es posible comercializar los frutos siempre que el daño presentado por un fruto individual no fuese excesivo ya que hay una heterogeneidad en la aparición del daño.

Tanto en el trabajo de Concellon et al. (2007) como en nuestro estudio se observa que la incidencia del daño por frío fue superior en la parte apical del fruto (zona peduncular) donde aparecieron los daños más graves.

El empleo del software WinDIAS nos ha permitido cuantificar la superficie afectada por pitting, manifestación externa del daño por frío. La gráfica 4 nos muestra la evolución de la superficie afectada por pitting en los cultivares estudiados. Puede observarse que en el cultivar Erica se produjo un ligero incremento del porcentaje de pitting en los 14 días de conservación y que fue a partir de estos días cuando se incrementó el daño. Tras 28 días de conservación se alcanzaron valores de alrededor del 22%.

Gráfico 4.-Evolución del pitting\* durante la frigoconservación a 8°C de las variedades Thelma y Erica.



Mínima significación estadística al 0,5%

\*Expresado en porcentaje de superficie afectada

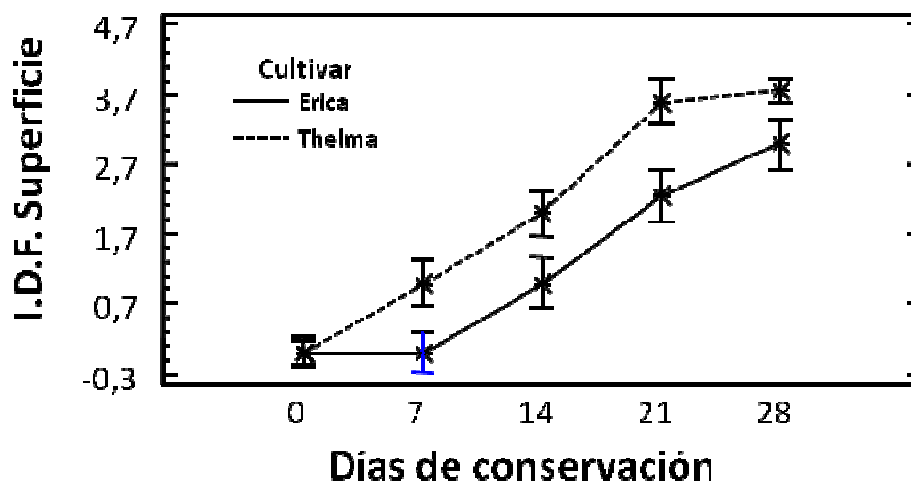
Por el contrario el cultivar Thelma presentó un incremento del daño más constante durante todo el periodo de conservación llegando a alcanzar hasta el 42% de la superficie del fruto afectada por pitting al final de la experiencia.

Estos datos nos están mostrando unas diferencias de sensibilidad al frío entre estos cultivares siendo más afectado por el frío Thelma. Las diferencias de sensibilidad ante el frío es algo normal tanto en berenjena como en otras especies, así se encuentran distintas sensibilidades al frío en calabacín (Moyano, 2003; Carvajal et al., 2011) o en tomate (Guzmán et al., 2009) o en berenjena (Molinar et al., 1996 o Gajewski et al., 2009) o en melón (Krurup et al., 2009).

La gráfica 3 nos muestra IDF y no nos indica claramente diferencias en la sensibilidad al daño por frío, mientras que la cuantificación de la superficie del daño sí.

Siguiendo los criterios de asignación de la escala de valores del daño se puede construir un IDF utilizando los valores conocidos de superficie afectada por pitting. La gráfica 5 recoge dicho índice.

Gráfico 5.-Evolución del I.D.F superficie durante la frigoconservación a 8°C de las variedades Thelma y Erica.



Mínima significación estadística al 0,5%

En ella puede observarse que desde la primera semana de conservación aparecieron diferencias significativas entre ambos cultivares y que estas diferencias se mantuvieron durante todo el periodo de conservación. Como es lógico esta gráfica, al igual que la 4 nos indica que el cultivar Thelma se mostró más sensible al frío que el Erica.

Al emplear valores reales y no estimados de superficie afectada por pitting hay una mejora considerable en la precisión en el empleo del Incide de Daño por Frío, por lo que, como era de esperar, el IDF superficie es una mejor estimación del daño por frío en berenjena.

#### 4.3 Bufado en tomates Raf.

El bufado es una fisiopatía que se caracteriza por la falta de llenado de los lóculos de tomate, aunque hay un efecto varietal importante también sus causas pueden deberse a prácticas culturales deficientes, abonado inadecuado o condiciones climatológicas adversas entre otras causas. Una cuantificación de esta fisiopatía es esencial para comprender los efectos de las causas y encontrar una posible solución a las mismas.

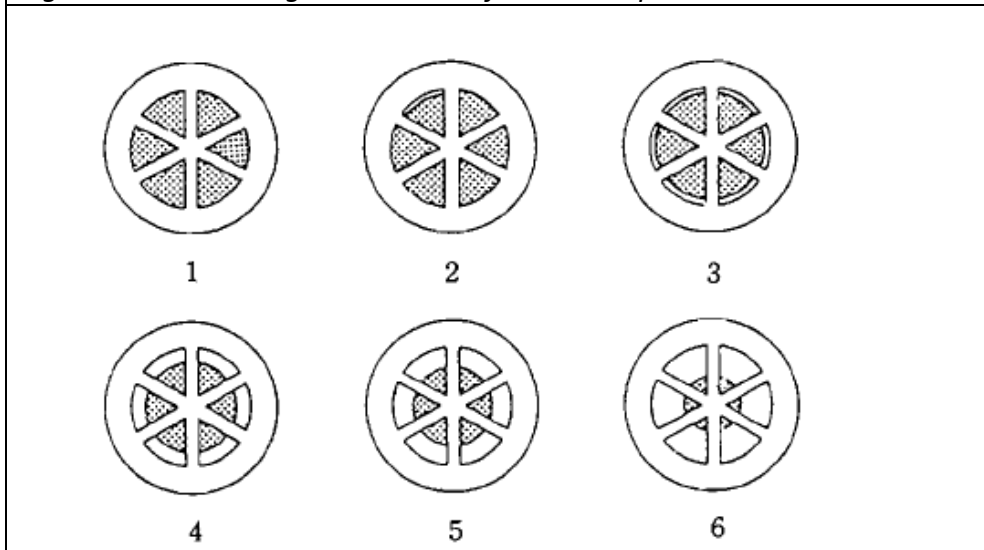
Al igual que ocurre con los daños por frío, la evaluación del bufado se realiza mediante escalas subjetivas que asignan a la falta de llenado del lóculo un número, que será tanto más alto cuanto mayor sea el grado de bufado.

Una de estas escalas fue propuesta por Kataoka et al., en 1994 y queda recogida en la Figura siguiente.

En este trabajo fue necesaria la escala ya que los autores emplearon forclorfenurón (CPPU) para promover el crecimiento del fruto sin polinización. El empleo de dicha

sustancia puede provocar bufado en el fruto, relacionando la aparición de esta fisiopatía con la concentración de sustancia aplicada.

*Figura 25. Escala de gravedad de bufado usada por Kataoka et al en 1994*



Además la evaluación del bufado puede resultar muy útil en la selección de variedades, así en el trabajo de Shabtai et al., 2007 caracterizan una mejora genética en base a la aparición de bufado como se muestra en las fotos

*Foto 1.- Imagen de dos variedades ensayadas en el trabajo de Shabtai et al., 2007*



Esta parte de nuestro trabajo, se ha dedicado a aplicar el software WINDIAS a fotos de tomates cortados transversalmente y tomadas perpendicularmente al plano de corte, para así determinar el porcentaje de hueco que aparece en los lóculos.

Los tomates procedentes de un cultivo establecido en los invernaderos de la Escuela Superior de Ingeniería fueron además evaluados de manera subjetiva por un observador diferente a quien realiza este trabajo, por lo que en este trabajo además, se comprobó la relación existente entre el porcentaje de bufado (hueco) real y el observado por el observador.

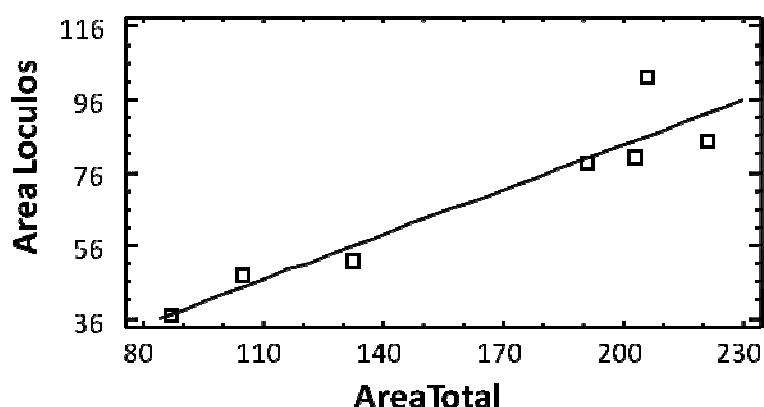
La tabla siguiente nos muestra los resultados del área total del tomate (corte transversal), el área ocupada por los lóculos y el área de bufado. Con estos datos es posible calcular el porcentaje de bufado respecto del área total del tomate y respecto al lóculo. Además en esta tabla se observa también el grado de bufado asignado por el observador.

<b>Tabla 6.- Biometría del corte transversal de los frutos de tomate estudiados</b>						
<b>Tomate</b>	<b>Área Total</b>	<b>Área de lóculos</b>	<b>Área Bufado</b>	<b>% de Bufado respecto al área total</b>	<b>% de Bufado respecto al área de lóculos</b>	<b>Grado de Bufado</b>
<b>1</b>	132,3836	51,5642	4,9676	3,7524	9,6338	4
<b>2</b>	86,877	36,6513	5,0457	5,8079	13,7668	2
<b>3</b>	105,1412	47,7128	25,294	24,0572	53,013	5
<b>4</b>	206,2115	101,7805	31,0437	15,0543	30,5006	4
<b>5</b>	190,9165	78,2333	6,8300	3,5775	8,7303	3
<b>6</b>	202,9351	80,1764	12,0576	5,9416	15,0388	4
<b>7</b>	220,9913	84,4549	4,8354	2,1880	5,7254	3
<i>Área expresada en cm<sup>2</sup>. Bufado: Escala subjetiva donde 0 es sin daño y 5 daño muy grave.</i>						

Como puede observarse los frutos presentaron una heterogeneidad en tamaño aunque no excesiva ya que la mitad de ellos se encontraban con un área superior a 190 cm. La estadística de la población nos indica una media de 163, 64 cm<sup>2</sup> y una desviación estándar de 54, 28. Si bien estos datos no afectan en nada a nuestro estudio pues cada fruto fue considerado individualmente y analizado para determinar el grado de bufado, es decir, su porcentaje respecto al área total del fruto y respecto al área de los lóculos.

Una vez calculado estos parámetros hemos realizado un análisis de regresión entre el área total y el área de los lóculos. El resultado obtenido se muestra en la gráfica siguiente donde la regresión ha dado un coeficiente de correlación de 0,944886 por lo que se obtiene una r<sup>2</sup> del 89%. Estos resultados nos muestran que los frutos estaban bien formados y que aunque existía una heterogeneidad en tamaño, ésta no existía en cuanto a forma.

Gráfica 6: Regresión simple entre el área transversal del fruto y el área de los lóculos.



Regresión entre el Área total del fruto y el área de los lóculos.  $r^2 = 89$

Si comparamos la evaluación subjetiva, la realizada por el observador independiente frente a los datos mostrados por el software WinDIAS, en concreto frente al área de bufado, al porcentaje de bufado respecto al área total y al porcentaje de bufado respecto al área locular nos encontramos los siguientes datos que se reflejan en la tabla 7.

Tabla 7.- Coeficiente de regresión lineal entre el Bufado estimado y el porcentaje de bufado respecto al área toata y respecto al área loluclar.			
	Área de bufado	Porcentaje del área total	Porcentaje del área locular
$r$	0,661587	0,693771	0,704996
$r^2$ (%)	43,7697	48,1318	49,7019

Como puede observarse no hay una buena regresión, por lo que la estimación subjetiva del observador no puede considerarse como un elemento a tener en cuenta en los trabajos de cuantificación del bufado.

Por tanto el empleo del WinDIAS, como era de esperar, se ha mostrado útil para la cuantificación del bufado y no se nos escapa su utilidad en trabajos de mejora genética, como los indicados al inicio de este apartado (Shabtai et al., 2007) y otros donde sea necesario conocer con exactitud parámetros del frutos como grosor de la columela central, grosor de la pared del fruto o grosor del septum entre lóculos, sin olvidar los aquí empleados como son el área locular.



# 5. CONCLUSIONES

1º El empleo del software WinDIAS en la determinación del daño por frío en frutos de berenjena se ha mostrado como una herramienta precisa y útil capaz de distinguir mejor los efectos del daño por frío que la estimación subjetiva tradicionalmente utilizada.

2º El empleo del software WinDIAS y la metodología seguida en este trabajo ha permitido clasificar al cultivar Thelma como más sensible al frío que el cultivar Erica, al incluir en el IDF tradicional el porcentaje real de superficie afectada por el frío.

3º El software WinDIAS es útil para cuantificar otras fisiopatías como el bufado en tomate.

# 6. BIBLIOGRAFÍA

Abad M, y Monteiro A.A. (1989) The use of auxins for the production of greenhouse tomatoes in mild-winter conditions: a review. *Sci Hort* 38:167–192.

Artés, F. y Artés-Hernández, F., 2003. Daños por frío en la postrecolección de frutas y hortalizas. *Avances en Ciencias y Técnicas del Frío-1*. Ed. UPCT y SECYTEF. 299-310.

Baixauli Soria, C., 2003. Técnicas de Cultivo de la Berenjena. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino.

Benard,C.; Gautier,H; Bourgaud,F.; Grasselly, D. Navez, B.; Caris-Veyrat,C.; Weiss, M. y Genard, M. 2009. *J. Agric. Food Chem.* 2009. Effects of Low Nitrogen Supply on Tomato (*Solanum lycopersicum*) Fruit Yield and Quality with Special Emphasis on Sugars, Acids, Ascorbate, Carotenoids, and Phenolic Compounds. 57, 4112–4123.

Ben-Yehoshua, S.; Albagli, R. y Fang, D.Q. ,2000. Reducing chilling injury and decay of stored citrus fruit by hot water dips. *Postharvest Biology and Technology*.

Cantón, F., 2007. Evaluación de daño por frío en pimiento verde y rojo de la variedad Bilbo. Memoria Monográfica Fin de Carrera. Universidad de Almería.

Carvajal, F.; Martinez, C.; Jamilena, M. y Garrido, D., 2011. Differential response of zucchini varieties to low storage temperature *Scientia Horticulturae* (En prensa).

Chen, J. Y.; Zhang, H.; Miao, Y. L.; Matsunaga, R., 2006. NIR measurement of specific gravity of potato. *Food Sci. Technol. Res.*, 11, 26–31.

Clement, A., Dorais, M. y Vernon, M., 2008. Nondestructive Measurement of Fresh Tomato Lycopene Content and Other Physicochemical Characteristics Using Visible-NIR Spectroscopy. *J. Agric. Food Chem.* 56, 9813–9818.

Clement, A.; Dorais, M.; Vernon, M., 2008. Multivariate approach to the measurement of tomato maturity and gustatory attributes and their rapid assessment by vis-NIR spectroscopy. *J. Agric. Food Chem.* 56, 1538–1544.

Concellon, A., Añon, M.C. y Chaves, A.R., 2005. Effect of chilling on ethylene production in eggplant fruit. *Food Chemistry* 92 63–69.

Concellon, A.; Añon, M.C. y Chaves, A.R. 2007. Effect of low temperature storage on physical and physiological characteristics of eggplant fruit (*Solanum melongena* L.). *LWT* 40: 389–396.

Dirección General de Industrias y Calidad Agroalimentaria, Consejería de Agricultura y Pesca, 2011. Almería. Calidad por naturaleza.

Gajewski, M. y Arasimowicz, D., 2004. Sensory quality of eggplant fruits (*Solanum melongena* L.) as affected by cultivar and maturity stage. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. v. 13/54 (3) p. 249-254.

- Gajewski, M.; Kowalczyk, K. y Bajer, M., 2009. The Influence of Postharvest Storage on Quality Characteristics of Fruit of Eggplant Cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 37,2:100-205.
- Gajewski, M.; Kowalczyk, K.; Bajer, M. y Radzanowska, J.; 2009. Quality of Eggplant Fruits in Relation to Growing Medium Used in Greenhouse Cultivation and to a Cultivar. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 37 (1), 229-234.
- García-Sahagún M.L.; Vargas-Arispuro, I. y Gardea Béjar, A., 2005. Daño por frío en melón cantaloupe en dos estados de madurez. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28:02: 161-170.
- Gil, A., 2007. Conservación de frutos de melon vulcano en atmósferas modificada pasiva (MAP-Modified atmosphere packaging). Memoria Monográfica Fin de Carrera. Universidad de Almería.
- Guzmán, M.; Sánchez, A.; Día, J.R y Valenzuela, J.L., 2009. Postharvest quality of three tomato cultivars . *Acta Horticulturae* 821:241-248.
- Hatton, T.T. 1990. Reduction of chilling injury with temperature manipulation. En: Chilling injury on Horticultural crops. Wang. C. Y. Ed. Boca Raton, CRC Press. Florida. U.S.A. p. 269-280.
- Hortyfruta, Consejería de Agricultura y Pesca, 2009. Tipificación. Requisitos mínimos de calidad de frutas y hortalizas.
- Jordá Gutierréz, C., Arias Delgado, M., Tello Marquina, J., Lacasa Plasencia, A., Del Moral De la Vega, J., 1998. La Sanidad del Cultivo del Tomate. Ed. Phytoma.
- Kader, A., 1990. Postharvest technology of horticultural crops Postharvest Biology and Technology: An Overview.
- Keiko Kataoka, K.; Date, S.; Goto, T. y Asahira, T. 1994. Reducing of Tomato Puffiness in Auxin-Induced Parthenocarpic Fruits by Forchlorfenuron (1-(2-chloro-4-pyridyl)-3-phenylurea. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 63 (1): 61-66
- Krarup, C.; Toha, J. y González, R., 2009. Symptoms and Sensitivity to Chilling Injury of Cantaloupe Melons During Postharvest. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 69(2): 125- 133.
- Mannino, M. R., 1987. Cultivo moderno de la berenjena. Editorial De Vecchi.
- Manrique, K., 2000. Nociones del manejo de post-cosecha. *Agro Enfoque* 15(112):7-11.
- Martínez-Téllez, M.A.; Ramos-Clamont, M.G.; Gardea, A.A. y Vargas-Arispuro, I., 2002. Effect of infiltrated polyamines on polygalacturonase activity and chilling injury responses in zucchini squash (*Cucurbita pepo* L.). *Biochem. Biophys. Res. Commun.*

295, 98–101.

Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, 2009. Anuario de Estadística.

Molinar, R; Trejo, E. y Cantwell, M., 1996. The Development of Chilling Injury in Three Types of Eggplants. Publicación electrónica de la Universidad de California. <http://postharvest.ucdavis.edu/datastorefiles/234-236.pdf>. último acceso 22 de Julio 2011.

Moyano, J., 2003. Aptitud para la frigoconservación de tres variedades de calabacín. Memoria Monográfica Fin de Carrera. Universidad de Almería.

Nuez Viñals, F., 2001. El Cultivo del Tomate. Ediciones Mundi-Prensa.

Olson, S.M., 2009. Physiological, Nutritional and other disorders of tomato fruit. Document HS-954.Dept. Hort.Sci. IFAS Extension. University of Florida. Publicación electrónica, <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/HS/HS20000pdf> último acceso 20 de Julio 2011.

Reche Mármol, J., 1991. Cultivo de la Berenjena en Invernadero. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Reche Mármol, J., 2009. Cultivo de Tomate en Invernadero. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino.

Rodríguez Rodríguez, R., Tabares Rodríguez, J.M., Medine San Juan, J.A., 2001. Cultivo Moderno del Tomate. Ediciones Mundi-Prensa.

Román, F., 2009. Frigoconservación de calabacín storr's green. Fluorencencia de la clorofila como índice del daño por frío. Memoria Monográfica Fin de Carrera. Universidad de Almería.

Serrano Cermeño, Z., 1978. Tomate, pimiento y berenjena en Invernadero. Ministerio de Agricultura.

Shabtai, S.; Salts, Y.; Kaluzky, G. y Barg, R. 2007 Improved yielding and reduced puffiness under extreme temperatures induced by fruit-specific expression of rolB in processing tomatoes Theor Appl Genet. 114:1203–1209.

Shao, Y. N.; He, Y.; Gomez, A. H.; Pereir, A. G.; Qiu, Z. J.; Zhang, Y., 2007. Visible/near infrared spectrometric technique for nondestructive assessment of tomato 'Heatwave' (*Lycopersicum esculentum*) quality characteristics. J. Food Eng. 81, 672–678.

Sifola, M.I.; De Pascale, S. y Romano, R., 1995. Analysis of quality parameters in eggplant grown under saline water irrigation. Acta Horticulturae 412:176.184.



Sugiyama, J., 1999. Visualization of Sugar Content in the Flesh of a Melon by Near-Infrared Imaging. J. Agric. Food Chem. 47, 2715-2718.

Valenzuela, J.L.; Guzmán, M.; Sánchez, A. y Día, J.R., 2011. Mejora de la conservación de melón cantaloupe mediante el embolsado en bolsas de polietileno. Congreso CIDAPA. República Dominicana. (En prensa).

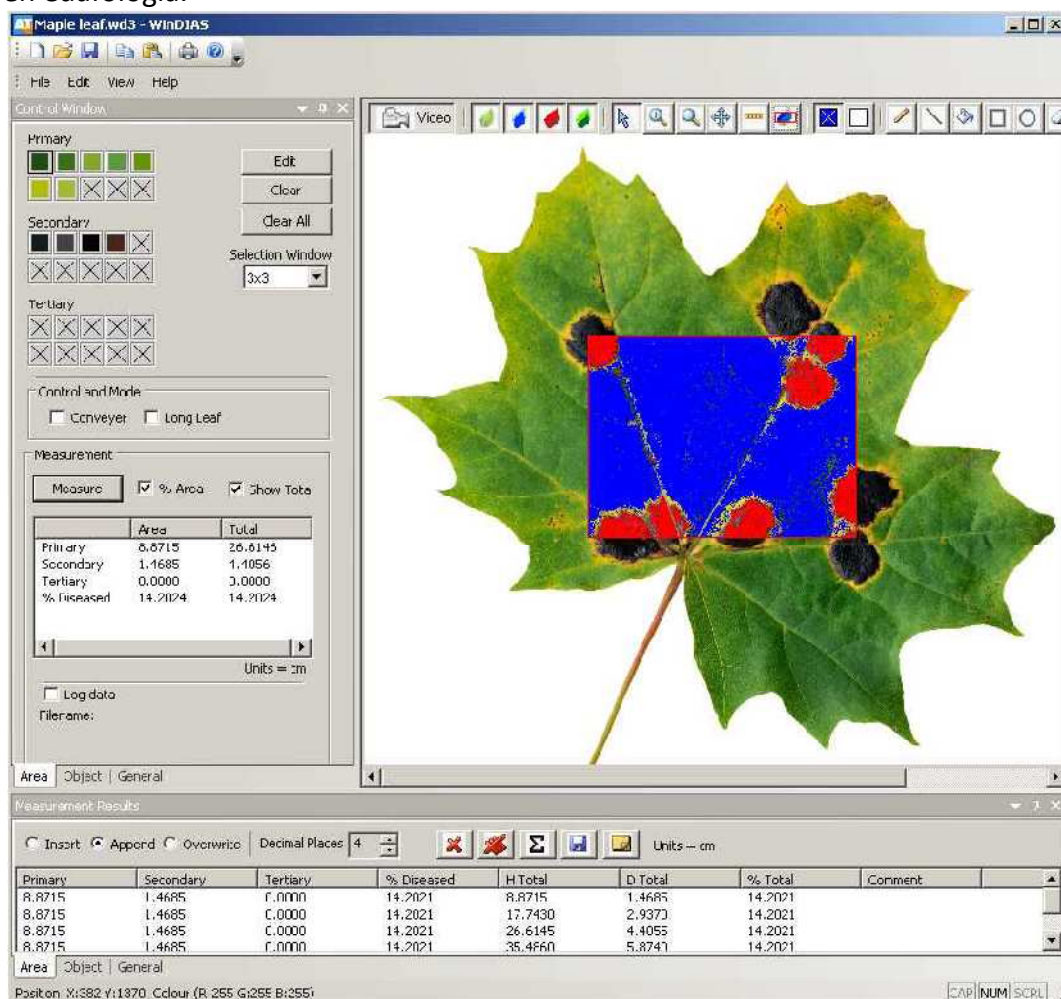
Varios autores, 1991. Curso Internacional sobre Agrotecnia del Cultivo en Invernaderos. Fundación para la investigación agraria en la provincia de Almería.

Walsh, K. B., 2005. Commercial Adoption of Technologies for Fruit Grading, with Emphasis on NIRS. Information and Technology for Sustainable Fruit and Vegetable Production FRUTIC 05, 12 . 16.

Wang, C.Y. 1991 Reduction of chilling injury in fruits and vegetables. Postharvest News Inform 3: 165- 168.

# ANEJO 1

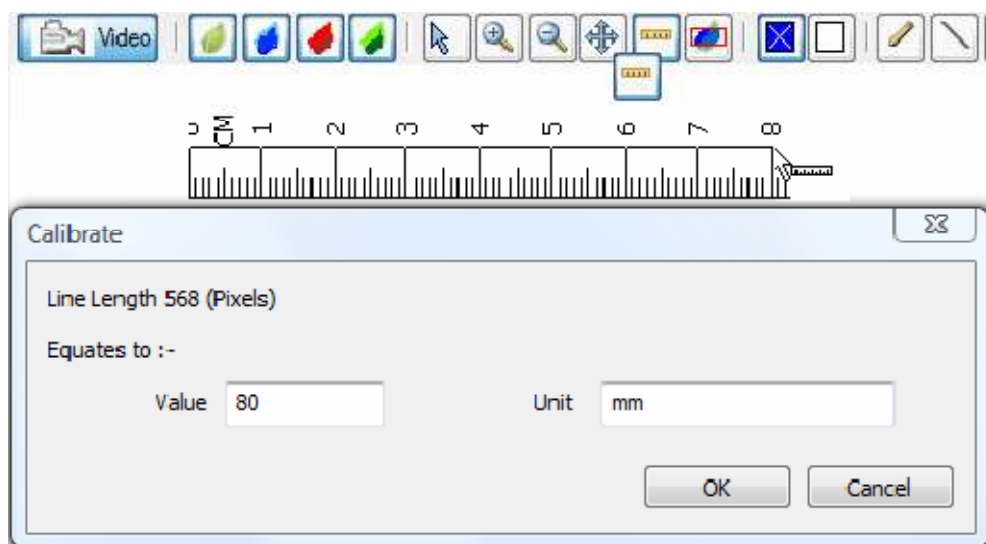
El sistema de análisis de imágenes WinDIAS es un programa que ofrece funciones especializadas de análisis de imagen adecuada para una amplia gama de aplicaciones en edafología.



Está especialmente indicado en aplicaciones en que se requiere una alta discriminación de color, por ejemplo en patología de planta. Se pueden establecer umbrales, cada uno basado en un rango de colores predefinido por el usuario. El primer umbral se usa para las principales zonas de interés en la imagen (zonas sanas). Los umbrales secundario y terciario se usan para otras zonas (zonas enfermas). Los umbrales se fijan con un simple click con el ratón en la zona de interés. Las áreas incorporadas son inmediatamente visibles con superposiciones en la imagen.



WinDIAS analiza las zonas con umbral para medir el área, perímetro, longitud, anchura, circularidad, elongación y factor de forma. Pero antes de calcular cualquier parámetro, es necesario efectuar una calibración a través de un patrón.



De las numerosas aplicaciones que tiene este sistema de imágenes, cabe destacar:

- **Agronomía y fisiología vegetal:** WinDIAS proporciona un recurso flexible para muchas aplicaciones de laboratorio, desde una simple medición de área hasta un complejo análisis de distribuciones de color. Añadiendo la unidad transportadora se accede a nuevas aplicaciones:
  - Proceso rápido de un gran número de hojas.
  - Medición de hojas largas intactas.
- **Protección vegetal:** WinDIAS ha sido optimizado para el análisis rápido por diferencia de color, posibilitando muchas explicaciones de las plantas y su protección. Algunos ejemplos son: Necrosis causada por fungus y bacterias
  - Quemadura en las puntas y manchas en las hojas.
  - Síntomas de deficiencia de nutrientes.
  - Infección viral y senescencia de las hojas.

Señalando y cliqueando con el ratón sobre la imagen, pueden identificarse hasta 10

ejemplos de colores de áreas de hojas sanas además de 10 ejemplos de dos tipos diferentes de áreas enfermas. Si contáramos con el equipo necesario para video que ofrece WinDIAS, éste sería capaz de hacer que las regiones cuyos colores están en los rangos de color primario, secundario y terciario aparecieran inmediatamente como sobreposición en la imagen de video; indicando rápidamente si las requeridas han sido detectadas. El programa podrá entonces calcular las zonas, efectuar otras mediciones y contar el número de puntos en estas regiones.

Otra ventaja que ofrece el sistema de análisis WinDIAS, es que en el momento de la calibración, utilizando el patrón correspondiente, podremos asignarles las unidades como queremos que nos exprese los datos. También podemos variar el área mínima que el programa utiliza para que pueda medir hasta los daños más pequeños, en este caso el área mínima asignada ha sido de 0,001 cm.

